ACCADEMIA DELLE SCIENZE
DI TORINO
Quaderni, 5 (1996)

I MERCOLEDÌ DELL'ACCADEMIA

IV



ACCADEMIA DELLE SCIENZE
DI TORINO
Quaderni, 5 (1996)

I MERCOLEDÌ DELL'ACCADEMIA

IV



Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 3-32, 4 ff.

Evoluzione dell'universo: il modello standard cosmologico

Vittorio DE ALFARO(*)

1. L'universo di galassie

I corpi celesti che ci circondano ci appaiono complicati, sedi di una immensa varietà di eventi cosmici. I pianeti sono molto diversi tra loro; il sistema solare è vario: Sole, pianeti con il loro corteo di satelliti, asteroidi, comete eccetera compongono un quadro molto complesso ed eterogeneo.

Anche le vicende del passato ci appaiono estremamente complicate e difficili da ricostruire; basta considerare i problemi della storiografia, dell'archeologia o della paleontologia.

Tuttavia, se consideriamo l'Universo in media su grande scala e la sua evoluzione su tempi molto lunghi, si riesce a costruire una descrizione semplice ed accurata delle sue proprietà medie e della sua evoluzione quasi dall'inizio e fino a discuterne la sorte finale. Quale sia questa descrizione è l'oggetto di questa lettura.

Andiamo oltre il sistema solare: troveremo la nostra galassia, la Via Lattea: un disco di diametro grosso modo di 30 000 parsec (pc)[1] che contiene più o meno una quantità di materia equivalente a quella di 10^{11} soli. Poiché il Sole ha una massa circa $2 \cdot 10^{33}$ grammi, la massa della galassia si aggira intorno a 10^{44} grammi e la galassia contiene 10^{68} protoni e neutroni. Naturalmente la galassia è molto complessa: ci sono stelle a tutti gli stadi di evoluzione e di ogni tipo, nubi di gas, eventi cosmici violenti e probabilmente nel suo centro si annida un buco nero la cui massa può corrispondere a quella di milioni di soli.

Ma procediamo oltre. La nostra galassia è una fra tante. Se si guarda lo spazio al di là delle sue stelle si trova un universo di galassie di vario tipo e a vari stadi di evoluzione. In media abbiamo una galassia equivalente alla nostra per ogni cubo di lato circa 4 o 5 Mpc (un cubo di

(*) Accademia delle Scienze di Torino; ordinario di Teoria dei Campi, Università di Torino.
Conferenza tenuta il 20 Aprile 1994.

(1) Un parsec equivale a 3,26 anni luce. Per le unità di misura si veda l'appendice 1.

lato 1 Mpc contiene, mal contati, $3 \cdot 10^{67}$ metri cubi). Poiché conosciamo la massa di materia visibile contenuta nella nostra galassia, possiamo stimare la densità media di materia visibile nell'universo, cioè della materia che osserviamo nelle galassie:

$$(1.1) \qquad \rho_{vis} < \frac{10^{44}\,\text{gr}}{100\,\text{Mpc}^3} \simeq 10^{-31}\,\text{gr}/\text{cm}^3$$

ρ_{vis} non deve essere confusa con la densità di materia all'interno delle galassie, che è molto maggiore. La densità (1.1) corrisponde a circa un protone ogni qualche m cubo.

Le galassie sono grosso modo distribuite in maniera uniforme. Il cielo ci appare popolato di galassie abbastanza uniformemente in ogni direzione (isotropia della distribuzione) e privo di punti di addensamento. La distribuzione delle galassie suggerisce una ipotesi che semplifica assai le cose: che l'universo di galassie abbia grosso modo lo stesso aspetto se osservato da qualsiasi suo punto (cioè omogeneo) in ogni direzione (cioè isotropo).

Naturalmente vi sono deviazioni da questa semplicità. Le galassie si raggruppano in sistemi locali, questi a sua volta in ammassi, superammassi etc; ci sono zone vuote ed altre più popolate. Ma in media l'ipotesi semplice che l'Universo (almeno quella parte di universo che riusciamo a scorgere) abbia una distribuzione omogenea ed isotropa appare una buona descrizione dei fatti osservati. Chi si occupa delle caratteristiche su vastissima scala può rappresentare l'Universo come una polvere di galassie, rimandando ad una approssimazione successiva lo studio delle anomalie nella loro distribuzione.

Il nostro viaggio ideale verso le galassie più lontane è anche un viaggio nel tempo poiché la velocità della luce che ci porta le immagini di quelle galassie non è infinita. Dunque le galassie più lontane si presentano come erano quando la loro luce, che riceviamo adesso, era stata emessa dalle loro stelle.

2. L'espansione dell'universo di galassie

Dobbiamo aggiungere a questo punto una informazione essenziale: l'universo delle galassie si sta espandendo. Le misure della velocità di allontanamento di galassie lontane, eseguite tra gli anni 20 e 30 principalmente dall'astronomo Edwin HUBBLE, mostrarono che le galassie lontane si allontanano dalla nostra con velocità proporzionale alla distanza.

In questo caso non è necessario che la nostra galassia sia al centro dell'espansione come intuitivamente si penserebbe: la proporzionalità tra distanza e velocità vale anche per la velocità relativa di ogni coppia di galassie. E poiché lo spazio è omogeneo ed isotropo, non ci sono confini nella distribuzione delle galassie e ogni galassia è equivalente ad un'altra. Le misure di HUBBLE sono dunque perfettamente compatibili con l'uniformità dello spazio. L'espansione in questione è completamente diversa dal caso di schegge di una esplosione; non esiste un centro dell'espansione, una qualche galassia "centrale" dalla quale tutte le altre si allontanano. Piuttosto si deve dire che lo spazio stesso intergalattico si espande.

Un buon modello di questa espansione è il seguente: immaginiamo lo spazio come se fosse un mezzo elastico tridimensionale (3D), un blocco di gomma elastica; immaginiamo che le galassie siano piccoli semi annegati nella gomma; immaginiamo che tutta la gomma, cioè tutto lo spazio 3D si gonfi; allora le galassie si allontanerebbero e la loro velocità relativa sarebbe proporzionale alla loro distanza secondo l'equazione (2.1), vedere qui sotto. Inoltre, poiché l'espansione sarebbe una proprietà generale dello spazio, ogni seme vedrebbe tutti gli altri allontanarsi nello stesso modo.

La legge dell'allontanamento tra le galassie (legge di Hubble) è dunque

$$v = H\,L \tag{2.1}$$

dove v è la velocità di allontanamento tra due galassie che distano di una distanza L. H è la costante di Hubble, una quantità fondamentale che rappresenta l'aumento di velocità di allontanamento tra due galassie per ogni unità di distanza. Abitualmente si esprime la velocità in km/sec e la distanza in Mpc. La costante di Hubble in queste unità vale

$$H = h\,\frac{100\ \text{km/sec}}{\text{Mpc}}\,. \tag{2.2}$$

Ciò significa che per ogni Mpc di distanza tra due galassie la loro velocità relativa aumenta della quantità $h \cdot 100$ km/sec.

In queste formule h rappresenta una costante numerica non ancora perfettamente determinata dalle osservazioni: il suo valore è compreso tra 0,5 e 0,8: $0{,}5 \leq h \leq 0{,}8$. La conoscenza del valore di h è molto importante nella cosmologia; prossime misure con nuove tecniche ne restringeranno l'incertezza.

Diciamolo in altri termini: la distanza L tra due galassie lontane

aumenta in un anno della quantità $(\Delta L)_{anno}$ data da

$$(2.3) \qquad (\Delta L)_{anno} = h \cdot 10^{-10} L \,.$$

Un aumento della distanza di meno di una parte su 10^{10} per anno può sembrare trascurabile su scale umane di tempi. Ma questo aumento delle distanze diventa una proprietà dell'Universo di fondamentale importanza su scale di tempi cosmici (la durata dell'universo dall'inizio a oggi è dell'ordine di una decina di miliardi di anni).

La quantità

$$(2.4) \qquad t_H = \frac{1}{H} = 3{,}09 \; h^{-1} \cdot 10^{17} \text{sec} = 9{,}8 \, h^{-1} \text{ Giga anni}$$

ha la dimensione di un tempo e si chiama tempo di Hubble. Dati i limiti su h si ha $12 < t_H < 20$ Giga anni. t_H ha un ruolo importante; si vedrà che t_H è certamente maggiore della età dell'universo t_0.

Naturalmente esistono deviazioni locali dalla legge espressa dalle equazioni (2.1,3), dovute alla presenza di irregolarità nella distribuzione: ammassi, superammassi etc. Ma l'ipotesi che in media le galassie sufficientemente lontane si allontanino con velocità proporzionale alla distanza è fondata su ottime prove sperimentali ed è ormai un pilastro fondamentale su cui si basano i modelli teorici del cosmo.

Dunque, lo spazio si dilata. Allora qualcuno potrebbe obiettare, se lo spazio si dilata si dilatano anche i nostri metri, e anche noi, e dalle misure nessuno si accorge di niente se tutte le distanze si dilatano nello stesso modo. Ma attenzione: parlare di dilatazione dello spazio è giusto solo se si parla di sistemi gravitazionali su distanze grandi; lo spazio interno ai sistemi gravitazionali "piccoli", come il sistema solare, le singole galassie e gli ammassi, non si dilata. Le galassie e gli ammassi hanno sempre la stessa grandezza (a parte le loro storie particolari). (Se la distanza Terra-Sole si dilatasse, noi ci allontaneremmo dal Sole di circa 10 metri all'anno; ma come abbiamo detto, la distanza Terra-Sole non si dilata.) Inoltre, né noi né i nostri metri ci dilatiamo; la dimensione degli oggetti intorno a noi è determinata da forze elettromagnetiche, le quali non ammettono alcuna dilatazione.

Ci si pone allora il problema: come è fatto lo spazio in grande? Noi sappiamo certamente che lo spazio ha tre dimensioni. Inoltre, parlando dei grandi spazi in cui sono disseminate le galassie, abbiamo supposto, con buona base osservazionale, che lo spazio sia omogeneo e isotropo. Quale è dunque la sua struttura in grande? Chiediamolo ad EINSTEIN.

3. Lo spazio e la Relatività Generale

Nel 1915 EINSTEIN pubblicò la teoria della Relatività Generale. Essa costituisce la teoria dello spazio e del tempo e delle interazioni gravitazionali. Per avere un'idea delle novità che introdusse facciamo un lungo passo indietro fino a NEWTON. Lo spazio newtoniano ha tre dimensioni ed è euclideo. Ciò vuol dire che ad esempio la somma dei tre angoli interni di un triangolo è di 180 gradi, che il volume di una sfera di raggio r è di $4\pi r^3/3$ e così via con tutte le proprietà della geometria euclidea del piano e dello spazio che si imparano a scuola. E la struttura dello spazio tridimensionale resta, per questo rispetto, essenzialmente la stessa anche per la teoria della Relatività Ristretta, che EINSTEIN formulò nel 1905.

Secondo la Relatività Generale invece lo spazio, anzi il continuo formato da spazio e tempo, non è necessariamente euclideo. Lo spaziotempo è una varietà a quattro dimensioni, tre spaziali e una temporale, ma non è necessariamente piatto, come per la teoria newtoniana e per la Relatività Ristretta. La struttura metrica dello spaziotempo si ottiene come soluzione delle equazioni della Relatività Generale. Se consideriamo uno spaziotempo privo di materia, la soluzione è lo spaziotempo piatto della Relatività Ristretta. Ma la presenza di materia incurva lo spaziotempo (si noti: non soltanto lo spazio, ma l'intero spaziotempo). Quanta più massa c'è, tanto maggiore è la curvatura dello spaziotempo. E a sua volta la curvatura dello spaziotempo determina il moto delle masse che vi si trovano dentro; e questa è l'essenza della gravitazione einsteiniana.

Se gli sviluppi matematici della Relatività Generale sono complessi e tecnici, tuttavia non sarebbe difficile discuterne i principii di base; ma non posso soffermarmi su questo argomento che non è il soggetto principale di questa lettura.

Ora a noi interessa la struttura dello spazio tridimensionale (3D) per il nostro universo di polvere di galassie. Imponiamo una semplificazione del nostro modello di universo solo un pochino più spinta. Se l'universo è composto di granelli di polvere (le galassie), perché non supporre che la materia sia distribuita in modo omogeneo distribuendo uniformemente nello spazio la materia di cui sono composte le galassie? Per lo studio della struttura media dello spazio in grande e della sua storia useremo questo modello semplificato in cui la materia è uniformemente diffusa nello spazio.

Cerchiamo allora la soluzione delle equazioni della Relatività Generale in cui lo spazio 3D sia ad ogni istante omogeneo e isotropo come la distribuzione di materia; dunque nessun punto e nessuna direzione

devono essere privilegiati, né lo spazio può avere confini. Come sono fatti gli spazi 3D che rispondono a questi requisiti? La risposta è semplice ma bisogna che ci familiarizziamo con il concetto di spazio curvo e di curvatura.

4. Spazi omogenei e isotropi a due e tre dimensioni

Prima di introdurre il concetto di curvatura di uno spazio vorrei ricordare che la formulazione della geometria non euclidea è dovuta a tre grandi matematici: J. Carl Friedrich GAUSS (1777-1855), Nikolay Ivanovich LOBACHEVSKY (1793-1856) e János BOLYAI (1802-1860).

Il nostro spazio ha tre dimensioni; ma facciamo un passo indietro e immaginiamo che il nostro spazio abbia soltanto due dimensioni (2D), perché possiamo farcene un'idea intuitiva. Uno spazio a due dimensioni è una superficie 2D. L'immagine di una superficie piatta è ovvia: un foglio di carta, il piano di un tavolo. Ma consideriamo la superficie di una patata, anzi, prendiamo mezza patata e togliamo l'interno, in modo che resti la mezza buccia. Non si può adagiare la mezza buccia su un tavolo senza tagliarla: una superficie curva non può diventare piana se non si fa qualcosa che cambi le distanze tra i suoi punti (una serie di tagli che la rendano approssimativamente piatta).

Ci rendiamo conto che la buccia è una superficie curva — basta toccarla; ma talvolta il tocco può tradire: un cilindro di carta o un cono sembrano dotati di curvatura ma non lo sono. È solo la loro topologia ad essere diversa da quella di un foglio piatto; e infatti, un foglio può essere incollato a mo' di cono o cilindro senza che cambino le distanze tra punti contigui (tranne al bordo, ma questa è appunto una questione di topologia).

La curvatura distingue un foglio piatto, come la superficie di un tavolo, da una buccia di patata: la superficie della patata ha una curvatura, diversa in generale nei suoi varii punti, mentre il tavolo ha curvatura nulla. Come si evidenzia la curvatura?

Noi viviamo in uno spazio 3D localmente quasi piatto (la curvatura dello spazio è trascurabile per la vita quotidiana) e le superfici 2D che vediamo (fogli di carta, palloncini etc) sono immerse in questo spazio a tre dimensioni. Questo distorce la nostra intuizione della curvatura e ci fa pensare che la comprensione della curvatura di una superficie 2D dipenda dalla sua immersione in uno spazio più grande. Ciò non è vero. Si può misurare la curvatura di una superficie usando soltanto misure sulla superficie stessa, in maniera indipendente dalla eventuale immersione della superficie in uno spazio a dimensione maggiore, come sanno bene i topografi.

Per una superficie dobbiamo prima di tutto definire in modo intuitivo il concetto di linea geodetica. Un segmento di geodetica è la linea di minor distanza che unisce due punti dati. Su una superficie piatta una geodetica è una retta; su una sfera è un cerchio massimo. Provate a disegnare con un pennarello una geodetica sulla buccia di patata. È la linea che parte da un punto in una direzione qualsiasi e continua in modo più diritto possibile.

Tracciamo ora sulla superficie un triangolo i cui lati siano segmenti di geodetiche. Siano α, β, γ gli angoli interni di questo triangolo. Chiamiamo A la sua area. La curvatura media della porzione di superficie interna al triangolo è data da

$$(4.1) \qquad C = \frac{\alpha + \beta + \gamma - 180°}{A} .$$

La curvatura in un punto si ottiene disegnando un triangolo molto piccolo intorno a quel punto (o meglio con un processo di limite). Naturalmente se la superficie è irregolare come quella di una patata la curvatura sarà diversa da un punto all'altro; ma noi saremo interessati solo alle superfici di curvatura costante.

Un buon suggerimento è quello di applicare la formula (4.1) a opportuni triangoli disegnati sulla superficie di una sfera di raggio r, per la quale il calcolo degli angoli è facile: si otterrà $C=1/r^2$ indipendentemente dal triangolo scelto, a riprova che la superficie S_2 della sfera ha curvatura costante.

La curvatura C definita dalla (4.1) è positiva (come accade per la superficie sferica S_2, sulla quale il triangolo è "più gonfio" di quello piatto). Ma esistono superfici a curvatura negativa. Si prenda per esempio una superficie a forma di sella. Il triangolo geodetico tracciato su una sella è "meno gonfio" di quello piatto, la somma degli angoli interni è minore di 180 gradi e la curvatura C è negativa. Niente di male, anzi, una situazione molto interessante.

Una indicazione sul segno della curvatura in una regione di una superficie può essere ottenuta in varii modi. Ad esempio, si prendano due punti vicini e si parta da ciascuno di essi con una geodetica in modo che inizialmente le due geodetiche siano parallele. Se dopo un certo cammino la distanza tra le geodetiche diminuisce (come accade sulla superficie sferica S_2) la curvatura media della regione compresa tra i due segmenti di geodetiche è positiva; e se viceversa aumenta, la curvatura media della regione è negativa (fig. 1).

Oppure si costruisca sulla superficie un cerchio; sia r il suo raggio

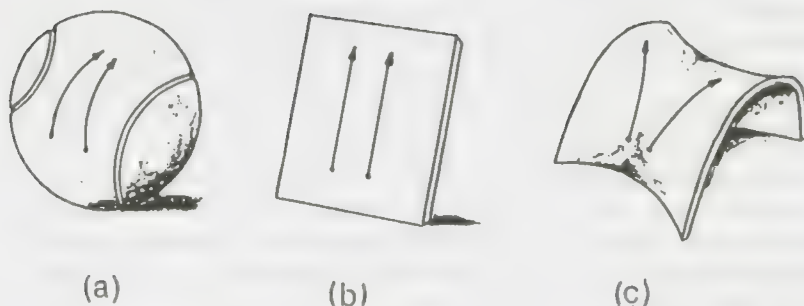


Figura 1 - Tre tipi di spazi a due dimensioni: (a) S_2; (b) una porzione di R_2; (c) una porzione di H_2.
Le linee rappresentate sono geodetiche inizialmente parallele. In (a) la loro distanza diminuisce (curvatura positiva); in (b) resta costante (spazio piatto); in (c) aumenta (spazio a curvatura negativa).

e c la circonferenza. Se $c < 2\pi r$ la curvatura è positiva; se $c > 2\pi r$ la curvatura è negativa. $c = 2\pi r$ solo se la curvatura è nulla.

Esistono molti altri modi equivalenti di definire la curvatura. Per esempio, si trasporti un'asta dotata di una punta parallelamente a se stessa lungo un cammino chiuso sulla superficie (immaginate una formica che camminando su una patata trasporti uno stelo tenendolo ad ogni passo parallelo a se stesso). Tornata al punto di partenza, l'asta farà un angolo φ con la sua posizione iniziale. Chiamiamo A l'area racchiusa nel cammino. Si ha

$$C = \frac{\varphi}{A} \quad . \tag{4.2}$$

φ può essere positivo, negativo o nullo, e così la curvatura.

Ora possiamo rispondere a chi chiede quali sono gli spazi 2D a curvatura costante, cioè eguale in ogni punto. Ovviamente, come abbiamo detto, la superficie S_2 di una sfera ha curvatura costante positiva. La sua area è finita.

Esiste un'altra superficie definita dalla proprietà di avere una curvatura costante, ma negativa. Chiamiamola H_2 (H sta per "spazio iperbolico"). Tutti i suoi punti sono punti a sella con la stessa curvatura. H_2 ha un'area infinita.

Riusciamo a costruire un modello (magari di legno) di H_2 nello spazio piatto a 3D in cui vale la geometria euclidea? (Questo è un esempio

di un problema di immersione di uno spazio in un altro di dimensione maggiore.) La risposta è che non possiamo immergere tutta la superficie H_2 in uno spazio 3D piatto, ma solo sue porzioni. Uno spazio euclideo in cui H_2 possa essere immersa completamente deve avere almeno dimensione 5. Ma per un essere di dimensione 2 che viva confinato su H_2 non importa molto di sapere se e dove può essere immerso. Posto che non può uscire dalle 2 dimensioni di H_2, la discussione dell'immersione è puramente matematica. Egli può pensare di essere immerso in qualsiasi spazio di dimensione maggiore che consenta matematicamente l'immersione; questo pensiero potrà forse cambiare la sua metafisica, ma non la sua fisica.

Esiste ancora un terzo spazio 2D a curvatura costante: è il piano euclideo R_2, quello della vecchia buona geometria elementare euclidea in cui vale il teorema di Pitagora, le geodetiche sono rette, gli angoli interni dei triangoli si sommano a 180° e la curvatura è nulla ovunque.

A parte la possibilità di topologie complicate, per esempio spazi toroidali, gli spazi a curvatura costante sono i seguenti:

S_2 curvatura costante positiva, area finita;
R_2 curvatura nulla, area infinita;
H_2 curvatura costante negativa, area infinita.

Passiamo ora a spazi 3D e chiediamoci quali sono quelli a curvatura costante. Possiamo definire varie curvature bidimensionali in uno spazio 3D tagliando triangoli geodetici a 2 dimensioni nello spazio 3D; nel caso di spazi omogenei e isotropi, la curvatura è la stessa per qualsiasi triangolo comunque orientato. Potremmo anche ricavare la curvatura media dai tetraedri geodetici invece che dai triangoli; in un volume 3D a curvatura positiva i tetraedri costruiti con le geodetiche che uniscono 4 punti sono "più gonfi" che nello spazio tridimensionale euclideo (piatto), mentre in un volume a curvatura negativa i tetraedri geodetici sono "più smunti".

Gli spazi 3D omogenei e isotropi a curvatura costante (a parte topologie più complicate) sono:

S_3 curvatura costante positiva, volume finito;
R_3 curvatura nulla, volume infinito;
H_3 curvatura costante negativa, volume infinito.

S_3 può essere pensato come la superficie 3D di una sfera immersa in 4 dimensioni euclidee; ma di nuovo, per gli esseri 3D confinati su S_3 l'immersione è una raffigurazione puramente matematica che non riguarda la loro fisica. Il volume 3D di S_3 è finito e pertanto S_3 viene chiamato spazio chiuso.

H_3 è uno spazio 3D iperbolico, il suo volume è infinito e per questo viene detto aperto.

R_3 è lo spazio piatto a tre dimensioni in cui vale la geometria euclidea dello spazio. Ha chiaramente volume infinito ed è quindi detto aperto. A noi sembra che lo spazio in cui le nostre azioni si svolgono sia proprio R_3; questo significa soltanto che la curvatura (positiva o negativa) eventualmente presente nel nostro spazio 3D è troppo piccola per essere osservata localmente. È nei problemi cosmologici che la curvatura dello spazio 3D in cui viviamo diventa essenziale.

5. Caratteristiche generali dell'evoluzione dell'Universo

Il cosiddetto modello standard richiede che lo spazio abbia tre dimensioni, sia omogeneo e isotropo e contenga materia in modo uniforme. Dunque può solo essere di tipo S_3, R_3 o H_3. Ma uno spazio a curvatura costante è caratterizzato, oltre che dal tipo, anche dal valore della curvatura, che può essere espresso in termini di un fattore di scala, R che ha dimensione di lunghezza. Per semplificare la visione, pensiamo ad uno spazio a 2D, la superficie S_2; allora R è essenzialmente il raggio di S_2 immerso in uno spazio 3D. La distanza tra due punti geometrici sulla sfera è proporzionale al fattore di scala R. E così anche per gli altri due spazi, H_2 e R_2: le distanze tra punti geometrici di distanza angolare data su due spazi 2D con diverso fattore di scala R sono proporzionali ad R (come su un palloncino più o meno gonfio: le distanze tra due punti segnati con un pennarello sono proporzionali al raggio a cui è gonfiato). Lo stesso vale per gli spazi a tre dimensioni, S_3, R_3, H_3. È importante notare che se il fattore di scala R tende a 0, tutte le distanze fisiche si annullano, le densità fisiche diventano infinite e quindi chiaramente $R = 0$ è una singolarità dello spazio (fig. 2).

Nella dinamica del modello standard il tipo di universo (S_3, R_3, H_3) rimane invariato nel tempo e il fattore di scala R varia nel tempo; la distanza tra due oggetti che sarebbero fermi nello spazio se $R(t)$ fosse costante nel tempo, varia proporzionalmente ad $R(t)$ per via della espansione del fattore di scala. Il problema dell'evoluzione dell'universo ha dunque due aspetti: primo, sapere il tipo di spazio; secondo, trovare come il fattore di scala R varia nel tempo, $R = R(t)$. Le equazioni di EINSTEIN permettono di porre queste questioni in modo preciso.

In primo luogo definiamo il tempo che viene usato per descrivere la evoluzione di R. Questo problema è tutt'altro che banale perché il tempo dipende dal moto dell'orologio che lo misura e quindi per descrivere un moto si può scegliere il tempo in infiniti modi. Il tempo t che viene usato in questi problemi di spazi uniformi e che useremo noi in questa letteratura ha una definizione fisica precisa: è il tempo

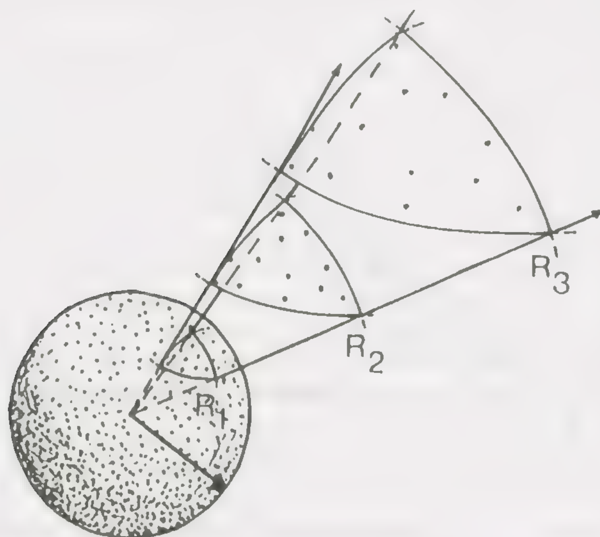


Figura 2 - Universo 2D del tipo S_2. Il fattore di scala R aumenta col tempo dal valore R_1 al valore R_2 e a R_3. Il numero di galassie nei triangoli geodetici corrispondenti non varia, ma la distanza tra le galassie varia proporzionalmente ad R. L'area aumenta come R_2, la densità diminuisce. La stessa cosa avviene per un universo 3D: invece di triangoli sferici si possono considerare tetraedri geodetici.

comune a tutti gli osservatori che, posti in punti diversi dell'Universo, vedono l'Universo omogeneo ed isotropo (un osservatore in moto accelerato rispetto a uno di quelli non vedrebbe l'Universo uniforme).

Andiamo avanti. Una conseguenza delle equazioni è che, se l'universo contiene materia (particelle e radiazione), la curva R in funzione di t ha la concavità rivolta verso il basso. E poiché il fattore di scala R è un numero positivo, andando indietro nel tempo vi sarà un istante in cui $R=0$, la densità sarà infinita e lo spazio 3D sarà una varietà singolare. Questo istante viene chiamato istante della Grande Esplosione (o Big Bang). Poiché abbiamo la scelta di porre lo zero del tempo dove ci pare, poniamo $=0$ il tempo della grande esplosione (cioè contiamo il tempo a partire dall'istante in cui $R=0$). Quello che conta in realtà è che il modello non può essere proseguito per tempi precedenti per via della singolarità dello spazio.

In figura 3 è mostrato l'andamento nel tempo del fattore di scala $R(t)$ nel caso del modello standard (spazio e densità di materia omogenei).

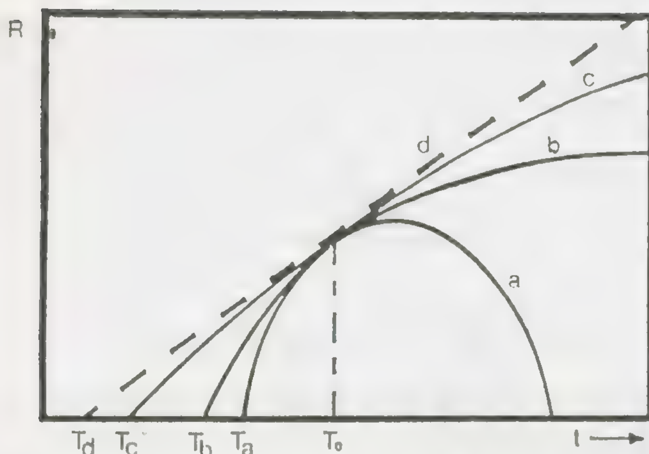


Figura 3 - Rappresentazione qualitativa dell'andamento di R in funzione del tempo a seconda del tipo di universo.
(a) universo chiuso S_3; (b) universo aperto piatto R_3; (c) universo aperto iperbolico H_3.
T_0 rappresenta l'istante attuale. Le curve sono normalizzate in modo da avere valore e tangente eguali all'istante T_0. La retta (d) è tangente alle curve (a), (b) e (c) in T_0. Le distanze $T_0 - T_a, T_0 - T_b, T_0 - T_c$ rappresentano l'età dell'universo oggi a seconda dei tre tipi di universo. La distanza T_0-T_d è il tempo di Hubble. Dalla figura appare che a parità di tempo di Hubble un universo chiuso è più giovane di uno aperto. Si vede anche che il tempo di Hubble è maggiore dell'età dell'Universo perché la curva $R(t)$ ha sempre la concavità verso il basso.

L'andamento per grandi tempi dipende dal tipo di spazio (aperto o chiuso). Vediamo tre diverse curve con diversi andamenti di $R(t)$ in funzione di t. Si riferiscono ai tre diversi tipi di spazi 3D uniformi ammessi: S_3, R_3 o H_3. Il tipo di spazio non può cambiare nel tempo. Si nota immediatamente che se lo spazio 3D è chiuso (caso di S_3), l'evoluzione si conclude con $R \to 0$ mentre negli altri due casi di spazi aperti l'evoluzione procede indefinitamente con fattore di scala sempre crescente. Dalla figura si vede anche che il tempo di Hubble t_H è maggiore dell'età dell'Universo.

La variazione di R col tempo spiega il risultato di Hubble; $R(t)$ varia e in questo momento sta crescendo, dunque le distanze medie aumentano. La costante di Hubble H è proprio la variazione percentuale di R oggi:

$$(5.1) \qquad H = \left(\frac{1}{R}\frac{dR}{dt}\right)_{\text{oggi}} .$$

Nella figura 3 la differenza tra i tre tipi di spazi per tempi precedenti quello attuale è stata esagerata per chiarezza; in realtà, data la configurazione attuale, il tipo di spazio (chiuso o aperto) ha poca influenza sull'andamento di R per il passato, che è essenzialmente lo stesso sia che l'universo sia chiuso, o aperto iperbolico, o piatto euclideo (a parte il volume finito o infinito, che però non è misurabile direttamente). Per un osservatore che ripercorra all'indietro nell'universo l'evoluzione a partire da oggi, le osservazioni locali non gli permettono di dedurre facilmente quale è il tipo di spazio: avvicinandosi alla Grande Esplosione la fisica locale non dipende molto dal tipo di spazio. Tutto quello che vede andando all'indietro nel tempo è un aumento sempre maggiore sia della temperatura che della densità, praticamente indipendente dalla struttura dello spazio. Il modo di determinare il tipo di spazio è indiretto: bisogna misurare con precisione la densità media di materia (o di energia, il che è lo stesso) nell'Universo. Questo problema sarà discusso più avanti.

Occupiamoci della descrizione della materia nell'ambito del modello standard.

6. La descrizione della materia

Nella descrizione adottata dal modello standard la materia racchiusa nell'Universo è ad ogni istante diffusa omogeneamente. Si tratterà di un gas in cui semplificando, saranno presenti due componenti tipiche: una componente di radiazione (elettromagnetica, neutrini, e in genere particelle a velocità relativistiche) e una componente di materia a bassa velocità (nuclei, atomi: una sorta di polvere uniforme). Ad ogni istante questo gas ha una temperatura definita, uniforme in tutto lo spazio ed eguale per tutte le componenti in equilibrio termico (cioè interagenti tra loro).

Dalla conservazione dell'energia, usando l'equazione di stato della materia si ottiene la relazione tra la densità $\rho(t)$ (funzione del tempo ma non della posizione per via della omogeneità del modello) e il fattore di scala $R(t)$. La relazione è diversa per la radiazione e per la materia lenta. Per la radiazione (o per materia a velocità dell'ordine di quella della luce) si ha

$$(6.1a) \qquad \rho_{rad} \sim R^{-4} \ ,$$

mentre per materia a velocità molto minore di quella della luce si ha

$$(6.1b) \qquad \rho_{mat} \sim R^{-3} \ .$$

Dunque al diminuire di R (andando verso tempi più piccoli) la densità della radiazione cresce più di quella della materia. Sappiamo che oggi la densità di materia è molto maggiore (di un fattore $\sim 10^5$) rispetto alla radiazione. Ci aspettiamo che per tempi iniziali (piccoli R) predomini la radiazione, per via delle equazioni (6.1).

Una legge molto importante permette di connettere la temperatura T al fattore di scala R:

(6.2) $T(t)R(t) \simeq \text{costante}$

(questa legge è approssimata; la formula esatta ammette una piccola variazione di $T\,R$, del tutto trascurabile in questa sede).

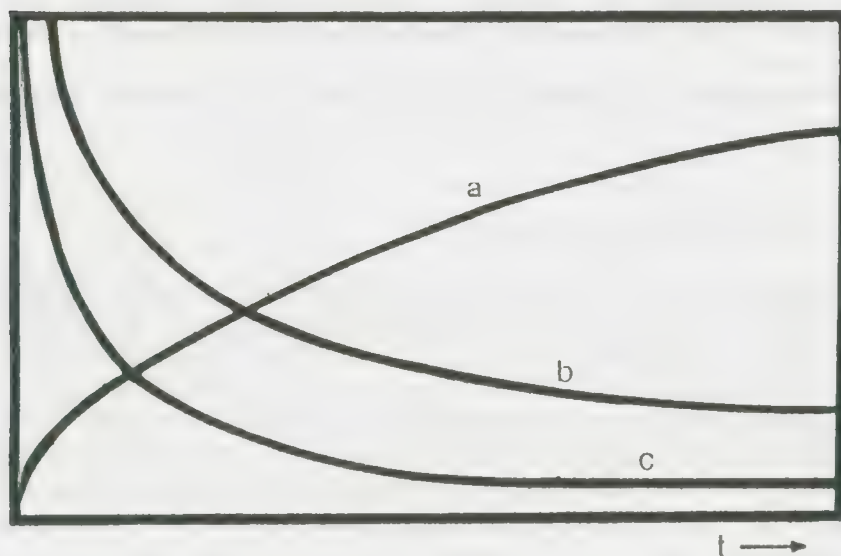


Figura 4 - Rappresentazione qualitativa dei parametri più importanti dell'universo iniziale in funzione del tempo.
Curva (a): evoluzione del fattore di scala $R(t)$. Curva (b): evoluzione della temperatura $T(t)$. Curva (c): evoluzione della densità $\rho(t)$.
I varii tipi di universo hanno in pratica la stessa evoluzione iniziale.

Risolvendo le equazioni di EINSTEIN per la dinamica dell'Universo si ha la relazione tra il fattore di scala R e il tempo t (e quindi usando la (6.2) anche la relazione tra T e t). Essa è diversa a seconda che domini la radiazione (tempi iniziali) o la materia. Per il tempo precedente l'attuale, una buona approssimazione è data dai seguenti andamenti:

Dominanza di radiazione:

(6.3a) $R \sim t^{1/2}, \quad T \sim t^{-1/2}$.

Dominanza di materia:

(6.3b) $R \sim t^{2/3}, \quad T \sim t^{-2/3}$.

Come si vede al tempo iniziale R si annulla e dalle eqq. (6.1) segue che la densità ρ tende ad infinito. Si tratta della singolarità iniziale (Grande Esplosione, Big Bang).

7. La ricostruzione del passato

La ricostruzione del passato è possibile per il modello di Universo isotropo ed omogeneo contenente materia omogeneamente diffusa. La storia locale passata, in pratica indipendente dal tipo di spazio, dipende dalle interazioni tra le diverse componenti di materia presenti ad ogni dato istante.

Ora queste interazioni sono note dallo studio della fisica delle particelle, dei nuclei e degli atomi; gli esperimenti sistematici sono stati condotti fino ad un'energia dell'ordine di ~100 GeV. Poiché la temperatura T misura l'energia (media) per grado di libertà, concludiamo che il comportamento medio della materia alla temperatura T è noto se sono note le interazioni all'energia T. Quindi per temperature $T \leq 100$ GeV abbiamo una ricostruzione attendibile delle vicende medie dell'Universo, certo più attendibile delle ricostruzioni dettagliate delle gesta e del carattere di, per esempio, Carlo Magno. Ricordiamo che questa ricostruzione è basata su valore attuale di alcuni parametri fondamentali: la costante di Hubble H e la densità totale di materia oggi, ρ_0 (il cui valore, dell'ordine di $10^{-29} - 10^{-30}\,\mathrm{gr/cm^3}$, sarà discusso più avanti). Non conosciamo invece R_0, il valore attuale del fattore di scala.

La parte dell'Universo che possiamo osservare oggi ha una dimensione lineare L_0 che possiamo stimare approssimativamente:[(2)]

(7.1) $L_0 \simeq ct_0 < ct_H = c/H \simeq 10^{28}\,\mathrm{cm}.$

Dunque la dimensione dell'Universo osservabile oggi è di $\simeq 3$ Gpc.

[(2)] c è la velocità della luce. Si veda l'appendice 1.

Nell'ambito del modello standard possiamo pensare che il fattore di scala oggi, R_0, abbia lo stesso ordine di grandezza (sarà maggiore se vi è stata inflazione molto forte, vedere la sezione 10).

Consideriamo dunque il tempo più antico al quale conosciamo con certezza il comportamento della materia: il tempo in cui la temperatura vale ~100 GeV. Tracciando la storia all'indietro si ottengono per quell'istante questi parametri:

1. Tempo a partire dal quale sono ben note le interazioni della materia:

$$T \simeq 100\,\mathrm{GeV} \;,$$

$$t \simeq 10^{-11}\,\mathrm{sec} \;,$$

$$R \simeq 10^{-14} R_0 \;,$$

$$\rho \simeq 10^{26}\,\mathrm{gr/cm^3} \simeq 10^{56} \rho_0 \;.$$

Prendendo per R_0 il limite superiore (7.1), si ha R=10^{14} cm corrispondente all'incirca al cammino della luce in un'ora o alla distanza di Saturno dal Sole. Se fosse un universo chiuso, sarebbe ben piccolo! Lo stato della materia a questa temperatura è un gas caldo ($\simeq$ 10^{15} K) di particelle relativistiche (leptoni e quark) e corrispondenti antiparticelle, in equilibrio termico con la radiazione elettrodebole e cromodinamica.

2. Tempo della condensazione dei quark in adroni:

$$T \simeq 1\,\mathrm{GeV} \;,$$

$$t \simeq 10^{-6}\,\mathrm{sec} \;,$$

$$R \simeq 10^{-12} R_0 \;,$$

$$\rho \simeq 10^{18}\,\mathrm{gr/cm^3} \simeq 10^{48} \rho_0 \;.$$

I quark raffreddandosi, si condensano a formare protoni e neutroni (e corrispondentemente per le antiparticelle). La densità è scesa al di sotto di quella dei nuclei attuali (che non si sono ancora formati). La materia è un gas di protoni e neutroni, leptoni (e antiparticelle) interagenti per mezzo di interazione elettrodebole e forte in equilibrio termico.

3. Tempo della nucleosintesi:

$$T \simeq 10 - 0{,}1 \text{ MeV} ,$$

$$t \simeq 0{,}01 - 100 \text{ sec} ,$$

$$R \simeq 10^{-10} - 10^{-8} R_0 ,$$

$$\rho \simeq 10^{10} - 10^{2} \text{gr}/\text{cm}^3 \simeq 10^{40} - 10^{32} \rho_0 .$$

I protoni ed i neutroni sono diventati l enti per il raffreddamento ($T < m_p$) e quindi formano un gas non relativistico, tipo polvere. Gli antiprotoni e antineutroni si sono annientati con protoni e neutroni; è rimasto un eccesso di protoni e di neutroni (sull'origine di questo eccesso abbiamo alcune teorie interessanti). L'abbassamento della temperatura permette che protoni e neutroni si aggreghino a formare i nuclei leggeri: Deuterio, 3He, 4He, 7Li, 7Be. Il gas è formato da questi nuclei lenti che interagiscono con gli elettroni. La densità di energia delle componenti di radiazione (radiazione elettromagnetica e neutrini) è ancora superiore a quella della materia lenta (nuclei).

Questo è il tempo più antico del quale abbiamo un riscontro sperimentale diretto: le percentuali di nuclei leggeri primordiali.

All'interno di questo lasso di tempo accadono alcuni avvenimenti interessanti. Per $T \simeq 1$ Mev l'interazione debole dei neutrini di massa piccola con la materia diminuisce fino a diventare trascurabile. I neutrini da ora in poi formeranno una componente separata della radiazione, che si raffredda indipendentemente dal resto durante l'ulteriore espansione. La temperatura media attuale di questa "radiazione di fondo di neutrini" è calcolata in 1,96 K. Si calcola anche che vi siano oggi alcune centinaia di neutrini/cm^3 (il numero esatto dipende da alcune caratteristiche non note dei neutrini) in ogni parte dell'Universo. L'osservazione sperimentale di questi neutrini non è ancora possibile con i mezzi attuali per via della bassissima intensità delle loro interazioni a queste energie.

Poco più tardi ($T \simeq 0{,}15$ MeV) si annientano le coppie elettroni-positroni lasciando un eccesso di elettroni corrispondente all'eccesso di protoni.

4. Tempo dell'equilibrio tra radiazione e materia:

$$T \simeq 2 \text{ eV} \simeq 20000 \text{ K} ,$$

$$t \simeq 10000 \text{ anni} ,$$

$$R \simeq 10^{-4} R_0 \ ,$$

$$\rho \simeq 10^{-18}\, \mathrm{gr/cm^3} \simeq 10^{12} \rho_0 \ .$$

La densità di energia della radiazione (elettromagnetica, neutrini) è uguale alla densità di energia della materia non relativistica (nuclei, elettroni). Da ora in poi la densità sarà essenzialmente dovuta alla materia; infatti dalle (6.1) segue che

(7.2) $$\rho_{\mathrm{rad}} / \rho_{\mathrm{mat}} \sim R^{-1} \ .$$

Si noti che fino a questo istante valgono le (6.1a) e (6.3a) perché siamo in regime di dominanza di radiazione. Per tempi successivi invece valgono le (6.1b) e (6.3b).

5. La materia si distacca dalla radiazione elettromagnetica:

$$T \simeq 0{,}3\, \mathrm{eV} \simeq 3000\, K \ ,$$

$$t \simeq 250000 \text{ anni} \ ,$$

$$R \simeq 10^{-3} R_0 \ ,$$

$$\rho \simeq 10^{9} \rho_0 \simeq 10^{-21}\, \mathrm{gr/cm^3} \ .$$

A questa temperatura la densità e l'energia media della radiazione elettromagnetica diventano così basse che l'interazione con la materia (nuclei ed elettroni) diventa trascurabile. L'Universo diventa trasparente alla luce e in generale alla radiazione elettromagnetica come era già successo per i neutrini. A questo punto i nuclei e gli elettroni liberi si combinano a formare atomi neutri che non saranno più ionizzati dalla radiazione.

La radiazione elettromagnetica (come i neutrini) ha uno spettro di corpo nero e si raffredda separatamente. Questa radiazione di fondo che pervade tutto l'Universo ha oggi una densità di 422 fotoni/cm^3 e una temperatura media di 2,726 K, con una corrispondente densità di energia $\rho_{\mathrm{rad}} = 4{,}8 \cdot 10^{-34}$ gr/cm^3; questa densità è minore della densità di materia visibile per almeno un fattore $\simeq 10^{-3}$ (confrontare con (1.1)). Essa piove quasi uniformemente su di noi da ogni parte; la superficie da cui proviene è quella del tempo in cui avvenne il distacco tra materia e radiazione; si trova intorno a noi a una distanza di circa 10^{28} cm $\simeq 3$ Gpc. Le misure attuali della temperatura della radiazione di fondo hanno una

risoluzione angolare di 8 gradi che a quella distanza corrispondono a $\simeq$400 Mpc. Con questa risoluzione le variazioni di temperatura sono dell'ordine di $\Delta T/T \simeq 5 \cdot 10^{-6}$, senza considerare le variazioni fittizie dovute alla nostra galassia e alla velocità della Terra rispetto alla radiazione, che è di 620 km/sec.

La radiazione di fondo elettromagnetica venne scoperta nel 1964 da A. Penzias e R. Wilson che ebbero il premio Nobel nel 1978. L'osservazione diretta della radiazione di fondo costituisce una prova fondamentale della validità del modello standard.

Nel quadro del modello standard la storia successiva fino ad oggi non offre più eventi; si tratta di un universo omogeneo ed isotropo colmato di polvere atomica e di radiazione che continua a raffreddarsi durante l'espansione. Naturalmente l'Universo reale non è così semplice: esistono le galassie, le stelle etc. Attualmente si sta appunto studiando la formazione delle grandi strutture di diverse scale (super ammassi di galassie e vuoti) a partire da perturbazioni primordiali dell'omogeneità. Ma questa è un'altra storia di cui non abbiamo ancora un modello unico, e la ricerca prosegue intensa.

8. Presente e futuro

Ricapitoliamo i parametri che caratterizzano il tempo presente:

$$H = h\,\frac{100\ \text{km}}{\text{sec Mpc}}, \qquad 0{,}5 \leq h \leq 0{,}8\ ,$$

$$t_H = \frac{1}{H} = 9{,}8\, h^{-1} \cdot 10^9 \text{ anni}\ ,$$

$$\rho_{\text{vis}} < 10^{-31}\,\text{gr}/\text{cm}^3 \qquad ,$$

e quindi, dati i limiti su h, per il tempo di Hubble si ha

$$12 \cdot 10^9 \text{anni} \leq t_H \leq 20 \cdot 10^9 \text{anni}\ .$$

Inoltre, le temperature e densità della radiazione di fondo elettromagnetica e neutrinica sono date da

$$T_\gamma = 2{,}726\, K$$

$$T_\nu = 1{,}96\, K\ ,$$

$\rho_\gamma = 4{,}8 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{gr}/\mathrm{cm}^3$

densità di fotoni: $n_\gamma = 422\,/\,\mathrm{cm}^3$,

densità di neutrini: $n_\nu \simeq 300/cm^3$

(La densità di neutrini non è il risultato di una osservazione ma un calcolo teorico. Il valore riportato si basa sull'ipotesi che i neutrini siano particelle descritte dall'equazione di Majorana e ce ne siano di tre tipi.)

L'evoluzione successiva (il nostro futuro) dipende in modo fondamentale dal tipo di spazio: S_3, R_3, H_3. Dobbiamo introdurre una costante fondamentale: si tratta della densità critica ρ_c, definita da [3]

$$(8.1) \qquad \rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G} = 1{,}88\, h^2 \cdot 10^{-29}\,\mathrm{gr}/\mathrm{cm}^3 .$$

Il tipo di universo è determinato dal valore del rapporto Ω tra la densità media dell'Universo oggi ρ_0 e la densità critica:

$$(8.2) \qquad \Omega = \frac{\rho_0}{\rho_c} .$$

Nel quadro del modello standard si hanno i tre casi seguenti:

1) $\Omega < 1$, cioè la densità è minore di quella critica.

In tal caso durante tutta l'evoluzione governata dalle leggi del modello standard lo spazio ha curvatura negativa, volume infinito ed è del tipo H_3. Estrapolando indietro fino alla grande esplosione, se valgono ancora le equazioni la singolarità iniziale ha densità infinita ma lo spazio ha ancora volume infinito. Per grandi tempi $R(t)$ si comporta come t continuando a crescere indefinitamente mentre la densità e la temperatura tendono a 0 secondo le regole $T \sim R^{-1}, \rho \simeq R^{-3}$.

2) $\Omega = 1$, cioè la densità è uguale a quella critica.

In questo caso lo spazio è piatto per tutta la sua evoluzione; vale la geometria euclidea nello spazio ed il volume è infinito per tutti i tempi.

---

[3] G è la costante gravitazionale di Newton. Si veda l'appendice 1.

Si tratta dello spazio R_3. Per grandi tempi R si comporta come $t^{2/3}$ continuando a crescere indefinitamente mentre densità e temperatura tendono a 0 come nel caso precedente.

3) $\Omega > 1$, cioè la densità è maggiore di quella critica.

In questo caso durante tutta l'evoluzione la densità della materia è superiore a quella critica; lo spazio 3D è chiuso, del tipo S_3, ha volume finito: $V = 2\pi^2 R^3$. In tal caso al tempo della grande esplosione il suo volume era nullo. Proseguendo oltre il tempo presente l'espansione di questo universo arriverà ad un massimo (il massimo di $R(t)$); poi vi sarà una contrazione fino al Grande Crollo in cui il volume si annulla mentre densità e temperatura diventano infinite.

Per sapere quale caso corrisponde al nostro universo, bisogna misurare la densità di materia e paragonare il risultato alla densità critica. Ora noi abbiamo il valore (1.1) della densità di materia dovuta alla materia visibile e usando la (8.1) si ha:

(8.3) $$\rho_{vis} < 0{,}01\, \rho_c \; .$$

Se ρ_{vis} fosse la densità totale di materia, avremmo $\Omega < 1$ e un universo aperto H_3. Ma molti effetti basati sui moti gravitazionali di stelle, galassie, ammassi e superammassi mostrano che esiste nell'Universo un ammontare di materia diffusa, non visibile (detta materia oscura), in quantità ben superiore a quella visibile. Questi effetti portano a valutare la densità complessiva di materia ρ_0 tra 10 e 100 volte quella visibile. Dunque per il momento sappiamo che ρ_0 è compresa tra 0,1 ρ_c e $\simeq \rho_c$:

(8.4) $$0{,}1\, \rho_c \leq \rho_0 \lesssim \rho_c \; .$$

Sembra dunque che la densità di materia sia minore di quella critica, e quindi l'Universo sarebbe aperto e finirebbe nel freddo. Ma non si può escludere completamente che $\rho_0 > \rho_c$, sia pure di poco (universo chiuso). In appendice 2 riportiamo i parametri di un universo chiuso appena compatibile con le osservazioni. La preferenza dei teorici va all'Universo piatto, $\Omega = 1$ (l'inflazione prevede un universo piatto o quasi).

La previsione del futuro lontano è dunque ancora oscura; ma i progetti attuali di nuove osservazioni, sia per determinare il valore della costante di Hubble che per osservare la materia oscura, fanno ritenere che nei prossimi anni si avrà una determinazione più precisa della

densità totale dell'Universo e quindi si conoscerà la sua sorte finale nell'ambito del modello standard.

9. Tempi molto antichi

Abbiamo visto che nel quadro del modello standard conosciamo la storia a partire da un tempo $\sim 10^{-11}$ secondi dalla singolarità iniziale. Cosa si può dire dei tempi precedenti? Ciò dipende dai fenomeni fisici che avvengono a temperature maggiori di ~100 GeV, sui quali abbiamo parecchie idee teoriche abbastanza condivise ma nessuna sperimentazione sistematica.

Se supponiamo, seguendo le indicazioni teoriche, che le interazioni fondamentali, elettro-debole e cromodinamica, diventino della stessa intensità e si unifichino intorno ad una energia (e temperatura) di 10^{15} GeV, allora il quadro della storia primordiale può essere esteso fino ad un tempo dell'ordine di 10^{-36} sec dopo l'istante della singolarità senza grossi cambiamenti nel quadro fisico. Resta naturalmente l'incertezza sul tipo di particelle che fan parte della dinamica a quelle energie e sul tipo di unificazione tra le forze fondamentali. Ma il vero problema si trova a tempi ancora precedenti.

Infatti, nel modello standard la gravità viene rappresentata come una interazione non quantistica. Ora, tutte le altre interazioni sono descritte dalla meccanica quantistica, e ragioni fondamentali di consistenza impongono la quantizzazione della teoria della gravità. A quali tempi, per quali distanze di interazione dobbiamo ritenere che la gravità quantistica diventi necessaria per descrivere l'Universo?

Una costante di tempo caratteristica dei fenomeni gravitazionali quantistici è il cosiddetto tempo di Planck, funzione della costante di Newton G, della velocità della luce c e della costante di Planck $\hbar$, definito da

$$(9.1) \qquad t_{pl} = \left(\frac{\hbar G}{c^5}\right)^{1/2} = 5{,}39 \cdot 10^{-44}\,\mathrm{sec}\ .$$

In questo tempo la luce percorre una distanza di Planck, data da

$$(9.2) \qquad l_{pl} = ct_{pl} = \left(\frac{\hbar G}{c^3}\right)^{1/2} = 1{,}62 \cdot 10^{-33}\,\mathrm{cm}\ .$$

Continuando ad estrapolare all'indietro la storia del nostro universo si trova che al tempo di Planck la temperatura è data da

(9.3) $$T = T_{pl} = \left(\frac{\hbar c^5}{G}\right)^{1/2} = 1{,}2 \cdot 10^{19}\,\mathrm{GeV}$$

e la parte dell'Universo attualmente osservabile aveva una dimensione lineare data da

(9.4) $$L(t_{pl}) \simeq 10^{-3}\,\mathrm{mm} \simeq 10^{-32} L_0 \ .$$

Il tempo di Planck contiene la costante di Planck $\hbar$ che caratterizza i fenomeni quantistici. È naturale ritenere che per tempi inferiori o dell'ordine di questo tempo caratteristico non si possano adoperare le equazioni classiche (di Einstein) perché la gravità stessa deve essere descritta in modo quantistico.

Attualmente non esiste una formulazione della gravità quantistica benché esistano idee e modelli di grande interesse. Per esempio, è possibile che la gravità quantistica non sia una teoria dello spazio e del tempo e che solo il suo limite classico simuli lo spazio e il tempo come noi li concepiamo abitualmente nella fisica. Pertanto non sappiamo che tipo di teoria possa prolungare le nostre conoscenze al di sotto del tempo di Planck. Lasciamo alla ricerca presente il tempo di maturare le idee. Certo è che al momento attuale il prolungamento all'indietro del modello standard con spazio e tempo classici trova una barriera naturale di credibilità al tempo di Planck. La continuazione per tempi minori è un esercizio matematico basato su equazioni che quasi certamente non sono applicabili in quella regione.

10. Problemi di consistenza del modello standard

La costante di tempo caratteristica della gravità è t_{pl}. Ora, il nostro universo ha una età t_0 intorno a dieci miliardi di anni o poco più; in termini del tempo di Planck questa età è data da

(10.1) $$t_0 \simeq 10^{60}\, t_{pl} \ .$$

Stupisce che dopo un tempo così grande in termini della costante di tempo caratteristica t_{pl} esso non sia ancora asintotizzato (in termini della figura 3 siamo ancora nella parte centrale della curva $R(t)$, non in fondo

ad uno dei bracci asintotici né, nel caso l'Universo fosse chiuso, siamo alla fase di contrazione). Se qualcuno ci avesse incaricati della progettazione di un universo con opportune condizioni iniziali, sarebbe stato facile adottare condizioni iniziali, diciamo al tempo t_{pl}, in modo che l'universo si asintotizzi entro una decina di tempi di Planck (o qualche migliaio). Ma una durata immensa, come mostrato nell'eq. (10.1), è una anomalia teorica grande; i valori iniziali del modello al tempo di Planck devono essere aggiustati con una precisione assurda.

Un'altra faccia dello stesso problema è data dalla dimensione che l'universo attualmente osservabile aveva al tempo di Planck, formula (9.4): $L(t_{pl}) \simeq 10^{-3}\,\mathrm{mm} \simeq 10^{29} l_{pl}$. Questa è una dimensione enorme in termini della costante fondamentale di lunghezza l_{pl} di quell'epoca. Dall'inizio fino a quel tempo la luce può aver percorso soltanto 1 l_{pl}; e poiché la velocità della luce è il limite massimo della velocità di ogni effetto fisico, è evidente che zone dell'Universo che distino tra loro più di 1 al tempo di Planck non hanno avuto nulla in comune nella loro storia. Come mai sono simili? Come mai un universo fatto di regioni che non hanno avuto il tempo di interagire è omogeneo? Notate che non è impossibile (basta "averlo preparato in modo omogeneo"); è solo poco soddisfacente dal punto di vista fisico.

Per queste ragioni, e per altre più sottili, è stata proposta la teoria "dell'inflazione": un breve periodo primordiale in cui il modello standard è modificato dalla presenza di energia di vuoto che cambia drasticamente il ritmo dell'espansione. Durante un periodo abbastanza breve il fattore di scala $R(t)$ aumenta esponenzialmente (inflazione!). Una crescita di R di un fattore 10^{40} o più sembra appropriata. Ciò può essere avvenuto intorno a $t = 10^{-34}$ sec e una temperatura intorno a 10^{14} GeV, o anche a tempi dell'ordine di t_{pl}, a seconda della fisica che determina l'inflazione. In tal modo la parte dell'Universo attualmente osservabile, originariamente molto piccola, per esempio al tempo di Planck , può essersi gonfiata fino ad avere una dimensione di 10^{-3} mm in un tempo dell'ordine di qualche decina di t_{pl}.

Ma i dettagli di questa idea non sono assestati, non c'è un consenso intorno all'identificazione dell'effetto fisico che provocherebbe l'inflazione. Così per quanto concerne i primi attimi non abbiamo un modello sicuro al di là di dubbi ragionevoli. Per il momento ci contentiamo di conoscere l'evoluzione media dell'Universo a partire dal primo 10^{-11}-esimo di secondo.

La cosmologia è una scienza con una lunga tradizione ma pochi dati. Nei prossimi 5-10 anni la situazione cambierà drasticamente perché stanno iniziando grossi programmi per la raccolta di dati omogenei ed esaurienti. Alla fine di questo periodo ci aspettiamo molti risultati. I più

importanti sono: una mappa della temperatura della radiazione di fondo con una risoluzione angolare di mezzo grado (corrispondente a regioni di dimensione lineare di $\simeq 30$ Mpc), fondamentale per capire la formazione di strutture a partire dall'universo primitivo; la misura della velocità di allontanamento di qualche milione di galassie (oggi circa 15 000), con determinazione precisa della costante di Hubble; una misura più precisa della densità di materia e della sua distribuzione, con la stima della densità di materia oscura; la composizione della materia oscura, le caratteristiche dei neutrini; la ricerca di antimateria nel cosmo. Queste misure intendono chiarire due tipi di problemi: sia la conoscenza dell'Universo iniziale che l'analisi dettagliata del modello standard, della sua validità e deviazioni (formazione delle disomogeneità, strutture, destino finale), in collaborazione con la fisica delle particelle, alla quale la cosmologia è legata strettamente.

Appendice 1. Unità di misura e costanti fisiche

Unità di misura

Distanza:

$$1 \text{ anno luce} = 0{,}95 \cdot 10^{18} \text{cm} = 0{,}307 \text{ pc} \ ,$$

$$1 \text{ parsec (pc)} = 3{,}26 \text{ anni luce} = 3{,}10 \cdot 10^{18} \text{cm} \ ,$$

$$1 \text{ Mpc} = 1 \text{ milione di pc} = 3{,}10 \cdot 10^{24} \text{ cm} \ ,$$

$$1 \text{ Gpc} = 1 \text{ miliardo di pc} = 3{,}10 \cdot 10^{27} \text{ cm} \ .$$

Tempo:

$$1 \text{ anno} = 3{,}15 \cdot 10^{7} \text{ sec} \ ,$$

$$1 \text{ Giga anno} = 1 \text{ miliardo di anni} = 3{,}15 \cdot 10^{16} \text{ sec} \ .$$

Energia:

$$1 \text{ eV} = 1{,}60 \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 1{,}60 \cdot 10^{-19} \text{ joule} \ ,$$

$$1 \text{ MeV} = 1 \text{ milione di eV} = 1{,}60 \cdot 10^{-6} \text{ erg} \ ,$$

$$1 \text{ GeV} = 1 \text{ miliardo di eV} = 1{,}60 \cdot 10^{-3} \text{ erg} \ .$$

Corrispondenza tra gradi assoluti e energia:

$$1\ \text{eV} \leftrightarrow 1{,}16 \cdot 10^{4}\text{K} \ ,$$

$$1\ \text{MeV} \leftrightarrow 1{,}16 \cdot 10^{10}\text{K} \ ,$$

$$1\ \text{GeV} \leftrightarrow 1{,}16 \cdot 10^{13}\text{K} \ ,$$

$$1\ \text{K} \leftrightarrow 0{,}862 \cdot 10^{-4}\ \text{eV} \ .$$

Corrispondenza tra massa ed energia:

$$1\ \text{GeV} \leftrightarrow 1{,}78 \cdot 10^{-24}\ \text{gr} \ .$$

Costanti fisiche

Velocità della luce:

$$c = 3{,}00 \cdot 10^{10}\ \text{cm sec}^{-1} \ .$$

Costante di Planck:

$$\hbar = 1{,}055 \cdot 10^{-27}\ \text{cm}^2\ \text{gr sec}^{-1} \ .$$

Costante di Newton:

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-8}\ \text{cm}^3\ \text{gr}^{-1}\ \text{sec}^{-2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \text{m}^3\ \text{kg}^{-1}\ \text{sec}^{-2}$$

Tempo di Planck:

$$t_{\text{pl}} = \left(\frac{\hbar G}{c^5}\right)^{1/2} = 5{,}39 \cdot 10^{-44}\ \text{sec} \ .$$

Lunghezza di Planck:

$$l_{\text{pl}} = ct_{\text{pl}} = \left(\frac{\hbar G}{c^3}\right)^{1/2} = 1{,}62 \cdot 10^{-33}\ \text{cm} \ .$$

Massa di Planck:

$$m_{\text{pl}} = \left(\frac{\hbar c}{G}\right)^{1/2} = 2{,}18 \cdot 10^{-5} \text{ gr} \quad .$$

Energia o temperatura di Planck:

$$T_{\text{pl}} = m_{\text{pl}}\, c^2 = \left(\frac{\hbar c^5}{G}\right)^{1/2} = 1{,}22 \cdot 10^{19} \text{ GeV} \quad .$$

Massa di un protone e di un neutrone:

$$m_p = 1{,}673 \cdot 10^{-24} \text{ gr} \leftrightarrow 0{,}9383 \text{ GeV}$$

$$m_n = 1{,}675 \cdot 10^{-24} \text{ gr} \leftrightarrow 0{,}9396 \text{ GeV} \quad .$$

Massa della Terra:

$$M_T = 5{,}977 \cdot 10^{27} \text{ gr}$$

Raggio della Terra:

$$R_T = 6{,}378 \cdot 10^{8} \text{ cm} = 6{,}378 \text{ km}$$

Massa del Sole:

$$M_S = 1{,}99 \cdot 10^{33} \text{ gr} = 1{,}19 \cdot 10^{57} \text{ masse protoniche}$$

Raggio del Sole:

$$R_S = 6{,}96 \cdot 10^{10} \text{cm} = 6{,}96 \times 10^{5} \text{ km} = 109 \ R_T \, .$$

Età del Sole:

4,6 Giga anni.

Distanza Terra - Sole:

$$d_{TS} = 150 \text{ milioni di km} = 1{,}50 \cdot 10^{13} \text{ cm} \quad ;$$

$$1 \text{ pc} = 2{,}06 \cdot 10^{5} d_{TS} \quad .$$

Costante di Hubble:

$$H = 100\,h \frac{\text{km}}{\text{sec Mpc}} = 3{,}24\,h \cdot 10^{-18}\,\text{sec}^{-1}; \quad 0{,}5 \leq h \leq 0{,}8 \ .$$

Tempo di Hubble:

$$t_H = 1/H = 3{,}09\, h^{-1} \cdot 10^{17}\ \text{sec} \ ;$$

$$12 \text{ Giga anni} < t_H < 20 \text{ Giga anni} \ .$$

Distanza di Hubble:

$$d_H = ct_H = 9{,}25\, h^{-1} \cdot 10^{27}\ \text{cm} \ .$$

Età dell'Universo (dall'età delle stelle negli ammassi globulari):

$$t_0 > 12 \text{ Giga anni} \ .$$

Dimensione lineare dell'universo osservabile oggi:

$$L_0 \simeq 10^{28}\,\text{cm} \simeq 3\,\text{Gpc} \ .$$

Densità critica:

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G} = 1{,}88\ h^2 \cdot 10^{-29}\,\text{gr} \ ;$$

$$2{,}9 \cdot 10^{-29}\ \text{gr/cm}^3 \ \leq \rho_c \leq 7{,}5 \cdot 10^{-29}\ \text{gr/cm}^3 .$$

Temperatura odierna della radiazione di fondo elettromagnetica:

$$T_\gamma = 2{,}726\ \text{K} = 2{,}37 \cdot 10^{-4}\,\text{eV} \ .$$

Densità di fotoni della radiazione di fondo:

$$n_\gamma = 422\ \text{cm}^{-3} \ .$$

Appendice 2 - Un universo chiuso compatibile con le osservazioni

Elenchiamo i valori dei parametri più significativi di un modello di universo chiuso (S_3) compatibile con le osservazioni presenti, anche se pare più probabile un modello di universo aperto con $\rho < \rho_c$.[4] Poiché lo spazio tridimensionale è di tipo S_3, il fattore di scala R è anche il raggio nell'immersione di S_3 in R_4.

Fattore di scala oggi:

$$R_0 = 1.25 \cdot 10^{28}\,\text{cm} = 4.05\,\text{Gpc} \quad .$$

Volume dell'universo oggi:

$$V_0 = 2\pi^2 R_o^3 = 3.86 \cdot 10^{85}\,\text{cm}^3 = 1300\,\text{Gpc}^3 \quad .$$

Età presente dell'Universo:

$$t_0 = 10 \text{ Giga anni.}$$

Costante di Hubble:

$$H = 50\,\frac{\text{km}}{\text{sec Mpc}}; \qquad h = 0.5 \quad .$$

Tempo di Hubble:

$$t_H = 6.18 \cdot 10^{17}\,\text{sec} = 20 \text{ Giga anni} \quad .$$

Distanza di Hubble:

$$d_H = 1.85 \cdot 10^{28}\,\text{cm} \quad .$$

Densità media oggi:

$$\rho_0 = 1.48 \cdot 10^{-29}\,\text{gr/cm}^3 \quad .$$

---

(4) I dati sono presi dal libro di J.A. WHEELER (1990), *A Journey into Gravity and Spacetime*, Sci. Am. Library, trad. *Gravità e Spazio-Tempo*, Zanichelli Bologna 1992. Questo modello fornisce una età dell'Universo un po' troppo bassa, 10 Giga anni.

Densità critica:

$$\rho_c = 0.47 \cdot 10^{-29}\,\mathrm{gr/cm^3} \quad .$$

Raggio massimo di espansione dell'universo:

$$R_{\max} = 1.8 \cdot 10^{28}\,\mathrm{cm} = 5.81\,\mathrm{Gpc} \quad .$$

Età dell'universo all'espansione massima:

$$t_{\max} = 9.45 \cdot 10^{17}\,\mathrm{sec} = 30\ \mathrm{Giga\ anni}.$$

Densità media alla massima espansione:

$$\rho_M = 5.0 \cdot 10^{-30}\,\mathrm{gr/cm^3} \quad .$$

Durata totale dell'universo dalla Grande Esplosione al Grande Crollo:

$$t_{\mathrm{tot}} = 2t_{\max} = 60\ \mathrm{Giga\ anni} \quad .$$

Massa totale nell'universo oggi:

$$M_u = 5.7 \cdot 10^{56}\,\mathrm{gr} \quad .$$

(equivalente a $2.9 \cdot 10^{23}$ soli, a $1.6 \cdot 10^{12}$ galassie o a $3.4 \cdot 10^{80}$ nucleoni).

Aumento di volume al secondo dovuto alla espansione oggi:

$$\Delta V \simeq 1.82 \cdot 10^{68}\,\mathrm{cm^3/sec} \quad .$$

Nuove galassie che entrano nel campo visuale: una ogni 3 giorni.

Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 33-45, 3 ff.

Per una storia naturale dell'encefalo

Aldo FASOLO[(*)]

Noi conosciamo la terra con la terra, l'acqua con l'acqua,
l'etere divino con l'etere, il fuoco distruttore col fuoco...
EMPEDOCLE

Una storia naturale

Qual è il posto dell'uomo nella natura. Per rispondere esaurientemente a questa domanda fondamentale, presto o tardi bisognerà affrontare il problema più arduo: come si è generata la mente umana. E poi, le caratteristiche comportamentali e le proprietà della specie umana, rendono tale specie unica nel mondo vivente, oppure esiste una reale continuità con altri organismi?

Problemi di questa complessità erano una volta appannaggio della filosofia, della religione, dell'arte. Oggi anche la scienza vuole — e può — dire la sua, cercando risposte al livello comportamentale come a quello neurobiologico e molecolare, nel contesto della teoria evolutiva, che fa da cornice e sfondo a queste ricerche.

Naturalmente i modi di lavoro sono differenti e spaziano dagli studi di psicofisiologia comparata sino alle teorie della cognizione animale. Un particolare rilievo hanno poi raggiunto quegli studi che vogliono integrare le conoscenze neurobiologiche con i dati comportamentali ed ecologici, nella prospettiva di comprendere il rapporto fra sistema nervoso, comportamento e meccanismi adattativi reali di una specie nel suo ambiente (si veda il libro di ALLEVA & *al.*, 1995, come esempio).

Grande sviluppo hanno peraltro le ricerche focalizzate sullo studio in chiave ontogenetica e filogenetica sull'encefalo. Tenterò allora di presentare due filoni di pensiero attuale, che danno ragione delle ten-

---

[(*)] Accademia delle Scienze di Torino; ordinario di Biologia dello Sviluppo, Università di Torino. Conferenza tenuta il 26 Maggio 1993.

denze di ricerca più ricche di potenzialità: lo studio delle variazioni quantitative dell'encefalo, in una prospettiva chiaramente anatomo-comparata, e la teoria del darwinismo neurale, che tenta una nuova sintesi fra sviluppo embrionale e filogenesi.

Alla ricerca delle tracce fossili della mente

È possibile tracciare una storia naturale della mente? Quali sono le relazioni fra evoluzione dell'encefalo ed evoluzione della mente? Un encefalo più grande offre dei vantaggi adattativi? L'intelligenza è stata selezionata *per se*, oppure è un "sottoprodotto" di successo di altri processi evolutivi?

Questo insieme di domande ci rimanda al quadro di conoscenze che la Neurobiologia e la Teoria Evolutiva hanno acquisito negli ultimi anni. Per orientarci in un campo così complesso, i contributi della Paleoneurologia sono preziosi. L'agile libro di Harry JERISON del 1991 sintetizza bene queste conoscenze e riesce a convincere il lettore, con una stringente catena di argomentazioni, che i resti fossili dell'encefalo fornirebbero la più diretta prova dell'evoluzione della mente stessa. Questo studio, pur basandosi su indizi talora fragili e persino ambigui, ha un suo metodo e una sua coerenza.

Esso presuppone infatti che sia possibile immaginare una continuità fra la struttura di cui sono fatti gli encefali degli organismi attuali e quella degli organismi estinti, e che pertanto i due mondi, quello attuale e quello fossile, siano confrontabili. Negli ultimi duecento milioni di anni, vi sarebbero certo state grandi variazioni nell'anatomia e nella fisiologia delle cellule nervose, ma nel complesso il grande cambiamento sarebbe stato eminentemente quantitativo, in termini di encefalo e dei sottosistemi che lo compongono. Misurando gli encefali degli organismi attuali e le tracce flebili di quelli estinti, si potrebbero pertanto fare confronti quantitativi significativi.

In secondo luogo, se una determinata regione dell'encefalo si accresce, questo significa che la regione possiede un numero maggiore di cellule nervose e quindi maggiori possibilità di elaborare informazioni. Harry JERISON utilizza in pratica il principio dell'"azione di massa", elaborato dal neuropsicologo americano Karl LASHLEY negli anni trenta e che tanta influenza ha avuto sulla cultura del suo tempo. Già ARISTOTELE aveva rilevato che "di tutti gli animali, l'uomo ha l'encefalo più grande rispetto alla sua taglia", ma è LASHLEY che nel 1949 scrive: "Il solo carattere neurologico per il quale esista una prova significativa di correlazione con la capacità comportamentale di animali differenti

è la massa totale di tessuto, o piuttosto l'indice di encefalizzazione... che sembra rappresentare la quantità di tessuto encefalico in eccesso rispetto a quello che è necessario per trasmettere impulsi da e per i centri integrativi". Insomma LASHLEY (e con lui anche un po' JERISON, sia pur in modo più articolato) presuppongono che per svolgere determinate funzioni sia necessario un certo numero di cellule e che un aumento di dimensione possa creare i presupposti per una elaborazione più raffinata dell'informazione, creando un sistema più sofisticato, duttile e in pratica più "intelligente". È una visione olistica dell'encefalo, abbracciata per scelta filosofica, ma anche per necessità, dal momento che il paleontologo non riuscirà mai ad analizzare le localizzazioni funzionali fini... Certo JERISON conosce benissimo la neurobiologia della corteccia cerebrale, ma questa gli serve per definire dei "moduli" funzionali (le ben dimostrate colonne della corteccia cerebrale) e per affermare con sostanziale ragione, che all'aumento della superficie della corteccia corrisponderà un aumento dei moduli attivi in un sistema parallelo di crescente complessità. Viene poi fatta una distinzione fondamentale fra crescita *allometrica* (il rapporto di aumento di dimensioni fra encefalo e massa corporea nell'evoluzione di un certo gruppo di organismi) e *quoziente di encefalizzazione* (il rapporto fra le dimensioni dell'encefalo reale di un determinato tipo di organismo e le attese derivanti dalla crescita allometrica). In un organismo di una certa taglia ci si può attendere un volume di encefalo, sulla base dei valori allometrici caratteristici del suo gruppo zoologico. Questo valore esprime la capacità di base di rappresentazione del mondo in specie che sono di taglie differenti, ma sono imparentate e sono simili nella capacità di elaborare informazioni. Se l'organismo avrà il valore atteso, potremo dire che il suo quoziente di encefalizzazione è uguale 1. Se viceversa l'encefalo è più grande, il suo quoziente sarà superiore ad 1 ed indicherà una maggiore capacità di rappresentare il mondo, di farne mappe percettive, di elaborare informazioni. In pratica vorrà dire che quella specie ha un *surplus* di neuroni da dedicare allo sviluppo di sistemi più "intelligenti".

Con questi presupposti, attraverso una attenta analisi di tutti gli studi pubblicati sull'evoluzione quantitativa dell'encefalo e attraverso misure fatte personalmente su moltissimi campioni paleontologici di museo JERISON giunge a conclusioni di straordinario interesse. Ad esempio sfata la cattiva fama di cui godono i dinosauri descritti spesso come dei bruti immensi, ma dall'encefalo minuscolo e la convinzione che questi rettili siano scomparsi proprio a causa dell'encefalo troppo piccino e della loro modestia mentale. HOPSON e JERISON (JERISON, 1991), rifacendo i conti, hanno mostrato che alcuni dinosauri avevano effettivamente un cervello molto piccolo rispetto alla massa corporea, ma che nel complesso rien-

travano nei valori allometrici in cui si inseriscono anche i rettili attuali. Alcuni dinosauri predatori avevano inoltre un encefalo relativamente grande e per certi aspetti confrontabile a quello che possiedono gli uccelli attuali, organismi che convenzionalmente consideriamo intelligenti! Questo caso ci dimostra che esiste una grande variabilità fra specie anche vicine, per quanto attiene il quoziente di encefalizzazione e che l'estinzione di un gruppo non avviene necessariamente per il fatto che i suoi individui siano più o meno "stupidi".

Ma la parte più affascinante è la saga dei mammiferi. Circa 175 milioni di anni fa i rettili progenitori dei primi mammiferi facevano la loro comparsa, occupando con successo nicchie ecologiche e vita crepuscolare notturna. Il loro successo sarebbe stato dovuto in parte rilevante alla capacità nuova di integrare con efficacia informazioni sensoriali di diversa natura, producendo delle rappresentazioni coerenti del "mondo" e generando in tal modo una miglior capacità di "conoscere la realtà", che nel pensiero di JERISON vale come sinonimo di "mente". Più di recente, circa 2 milioni di anni fa, l'*Homo sapiens* avrebbe iniziato ad usare il linguaggio verbale, piuttosto che la comunicazione mediata da segnali odorosi. In entrambi i casi, le dimensioni dell'encefalo sarebbero cresciute in modo sproporzionato rispetto alla taglia corporea. La mente emersa con i mammiferi primitivi sarebbe così culminata nella coscienza di sé, grazie al linguaggio. Quello che conta sottolineare è che questo incremento encefalico non è un prodotto obbligato dell'evoluzione. I vari gruppi tassonomici attuali presentano una grande variabilità di dimensioni cerebrali, a riprova del fatto che di un alto quoziente di encefalizzazione si può fare brillantemente a meno, se esistono altri modi di adattarsi bene all'ambiente (fig. 1).

Alcuni contributi recenti sottolineano che il processo di crescita volumetrica dell'encefalo nell'uomo non è necessariamente correlato allo sviluppo dell'intelligenza. MARTIN (1995) dimostra così una correlazione significativa fra metabolismo basale, sviluppo e funzionamento dell'encefalo. Come dimostrazione, un poco in paradosso, MARTIN sottolinea che i neandertaliani avevano una dimensione cerebrale media maggiore rispetto all'uomo attuale e che tutto indica come negli ultimi 20 000 anni ci sia stata una costante riduzione della dimensione cerebrale (senza una concomitante riduzione della dimensione corporea!). Pertanto, la dimensione del cervello umano ha subito una riduzione progressiva proprio durante il periodo in cui si sono realizzati i progressi più rilevanti della cultura umana. Certo non si può sostenere che questa riduzione sia stata associata a una riduzione della complessità degli utensili e delle interazioni sociali... Secondo MARTIN sembra assai più probabile che sia cambiato l'investimento energetico materno!

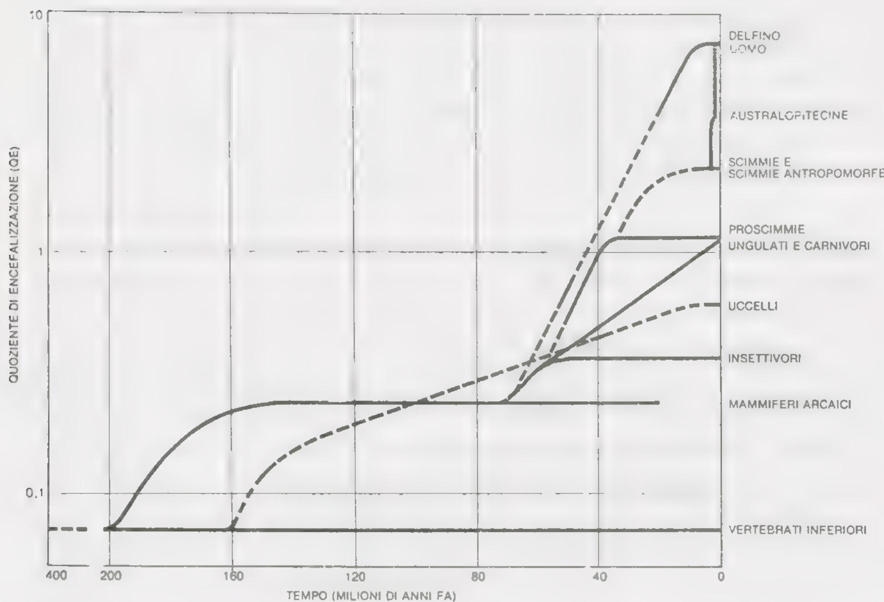


Figura 1 - L'evoluzione del grado di encefalizzazione ha seguito ritmi diversi per i vari gruppi di vertebrati e in diversi periodi di tempo. In realtà vi fu una certa variabilità della grandezza dell'encefalo all'interno dei vari gruppi. Nel caso dei cetacei, la curva dimostra che un grado elevato di encefalizzazione fu raggiunto molto prima di quanto non sia avvenuto per i primi — che hanno avuto un'evoluzione dell'encefalo estremamente rapida —. Le linee spezzate indicano la presenza di dati troppo incompleti (ridisegnato da JERISON).

D'altra parte, Barbara FINLAY & Richard DARLINGTON (1995), attraverso una estesa analisi quantitativa su 131 specie diverse di mammiferi imparentati evolutivamente (primati, chirotteri, insettivori) dimostrano che le dimensioni delle componenti encefaliche (dal midollo allungato al telencefalo) sono fortemente predicibili e correlate fra loro. A questa regola fa eccezione solo la porzione olfattiva nell'insieme, FINLAY e DARLINGTON concludono che la selezione di una qualsiasi capacità comportamentale ed il corrispondente accrescimento delle aree cerebrali che la controllano possano portare ad un aumento volumetrico coordinato dell'intero encefalo non-olfattivo. Di conseguenza, il vantaggio selettivo per una certa funzione ed il conseguente accrescimento dei centri nervosi coinvolti, avrebbero "trascinato" altre porzioni dell'encefalo ad accrescersi, producendo un effetto pleiotropico più ampio e inducendo lo sviluppo di altre capacità comportamentali, non selezio-

nate direttamente. La corteccia associativa avrebbe in questo modo "assecondato" la genesi di queste nuove potenzialità.

Fatti un poco più modesti (essere "intelligenti" è un prodotto della natura, che evolutivamente non è peraltro necessario) possiamo allora cercare di riassumere quali sono i problemi scientifici con i quali si devono confrontare le teorie a base quantitativa.

Problemi antichi...

Se dovessimo fare una "agenda" dei problemi aperti della Neurobiologia Comparata ed Evolutiva, troveremmo alcuni nodi teorici antichi ancora irrisolti: la natura delle somiglianze ed il concetto di omologia, i meccanismi del cambiamento evolutivo del sistema nervoso, il rapporto fra selezione genetica e fenotipo.

Così il concetto di omologia rimane una chiave di lettura fondamentale in tutti gli studi comparativi ed evoluzionistici. Secondo la definizione corrente, due strutture sono omologhe quando sono state ereditate da un antenato comune. In termini evolutivi, si associa così una somiglianza (o una corrispondenza fra parti), non alla funzione simile esplicata, quanto alla "discendenza comune con variazione". Il problema diviene ancora più complesso e difficile, quando si voglia riconoscere la natura delle somiglianze in un sistema plastico, quale è il sistema nervoso. Le metodiche quantitative e i dati di sviluppo allometrico ci indicano *quanto* cambia una struttura nervosa, ma non danno alcuna informazione sulle *somiglianze* e sulle *corrispondenze*. Ma anche quando si studiano organismi attuali, è necessario innanzitutto stabilire i caratteri ed i criteri assunti nel confronto (caratteri topografici e neuroanatomici; proprietà neurochimiche; caratteristiche dello sviluppo embrionale), vedi l'articolo di FASOLO & MALACARNE, 1988. Tutti gli studi di Neurobiologia Comparata più recenti hanno confermato che il sistema nervoso dei vertebrati è caratterizzato da una relativa stabilità del suo piano fondamentale, ma anche dalla presenza di una evoluzione a mosaico per vari caratteri. Come è ben noto, i confronti sono resi più difficili dai fenomeni di "omoplasia" (somiglianza non-omologica) dovuti a "geni differenti", ma che danno un prodotto simile per convergenza, oppure dovuti agli "stessi geni", ma derivati indipendentemente per *parallelismo*. Bisogna poi esplicitare la finalità della strategia del confronto. NORTHCUTT (1986) ha suggerito che esistano fondamentalmente tre tipi di strategia (esplicita o implicita) negli studi comparati, e cioè:

a) una *analisi per modellamento* che ipotizza che un dato carattere sia

presente in un intero gruppo tassonomico e che quindi lo studio approfondito in una specie possa permettere estrapolazioni ad altre;

b) una *analisi di tipo opportunistico*, applicata allo studio di specializzazioni funzionali di singoli gruppi di organismi (quali ad esempio gli organi sensibili all'infrarosso di alcuni rettili);

c) una *analisi di tipo filetico*, che usa il sistema nervoso come un insieme di caratteri per stabilire delle parentele evolutive.

La definizione di queste differenti strategie di confronto solleva, tra l'altro, alcuni difficili interrogativi sul significato dei "modelli" in Neurobiologia e sul rinnovato interesse per il mitico *Bauplan*, il piano ancestrale di organizzazione. Il *Bauplan* "classico" è un'astrazione o concettualizzazione di tutte le relazioni configurazionali spaziali significative comuni ad un gruppo di organismi e come tale non ha una esistenza indipendente ("materiale" o "oggettiva"). In contrapposizione vi è un *Bauplan* inteso in senso evolutivo, che è stato usato in modo esplicito per denotare l'insieme di caratteri primitivi (plasiomorfi), che erano presenti nella specie ancestrale da cui è derivato un gruppo monofiletico. Esistono differenze fondamentali nel modo con cui sono costruiti i due tipi di *Bauplan*: quello "classico" è derivato *astraendo dalle differenze*, al fine di identificare i tratti comuni. Il *Bauplan* evolutivo ha viceversa come scopo la *valutazione delle differenze* per comprendere le relazioni evolutive.

È inoltre fondamentale identificare le pressioni selettive che possono essere intervenute nel determinare l'evoluzione del cervello e integrare in una visione complessiva le relazioni fra eredità di organizzazioni nervose ed eredità di strategie comportamentali. Questo implica l'esistenza di teorie forti sull'evoluzione del cervello. Ma sfortunatamente si deve concordare con NORTHCUTT (1984) che attualmente le ipotesi più affermate descrivono "quadri di variazione di caratteri" e "raramente definiscono processi" o meccanismi evolutivi specifici del sistema nervoso. Tutte queste ipotesi sono state di recente discusse da Terrence DEACON (1990), che ha proposto una ulteriore teoria sintetica; quella dello *spiazzamento* per competizione fra fibre e gruppi cellulari, indotte dalla crescita differenziale allometrica, da fenomeni di morte cellulare programmata, o da cambi di affinità fra fibre nervose ed i loro bersagli sinaptici. Il tutto è inserito in un contesto, che pone l'accento sui meccanismi di sviluppo embrionale dell'encefalo e sulla possibilità che accelerazioni o rallentamenti dello sviluppo stesso (nel suo complesso o di alcune parti del corpo e/o dell'encefalo) abbiano la capacità di amplificare le dimensioni e la qualità stessa del cambiamento neurale. Insomma, giocando su fattori temporali e spaziali semplici, che implicano limitatissimi cambiamenti genici, si otterrebbero impressionanti

"salti" organizzativi e funzionali. In questo modo anche le teorie di JERISON su allometria ed encefalizzazione troverebbero una base cellulare che ne spiega la genesi.

...e nuove risposte

Correlare la definizione corrente di omologia, che presuppone una continuità genetica, con le nostre conoscenze attuali sul modo con cui tale continuità si realizza rimane un problema assai controverso. Le più recenti impostazioni teoriche della Biologia dello Sviluppo hanno messo in crisi l'abusata metafora del "programma" genetico, dando nuovo rilievo ai vincoli strutturali e molecolari, capaci di canalizzare lo sviluppo e l'evoluzione, ed ai meccanismi selettivi durante lo sviluppo embrionale. Anche nello studio del sistema nervoso durante lo sviluppo e nella filogenesi sono comparse ipotesi di "Darwinismo neurale". In particolare EDELMAN (1987, 1988, 1992, 1993) ha proposto una stretta analogia fra la selezione naturale ed i meccanismi posti in gioco nel corso dello sviluppo del sistema nervoso. Riprendendo una contrapposizione fra teorie selettive e teorie istruttive, EDELMAN propone che nello sviluppo del sistema nervoso agisca un meccanismo selettivo in qualche modo simile a quello che è stato dimostrato nel sistema immunitario. In un sistema selettivo l'intero repertorio di risposte è potenzialmente già presente e l'ambiente semplicemente "sceglie" e potenzia gli elementi rilevanti del repertorio. Le difficoltà a trasferire queste impostazioni selettive al sistema nervoso sono molte, ma l'ipotesi del darwinismo neurale costituisce nel suo complesso un potente stimolo a nuove ricerche sperimentali. Il patrimonio ereditario è allora condizione necessaria, ma non sufficiente, per costruire l'organismo nel tempo e nello spazio. La chiave per trasformare le potenzialità dei geni in organismo reale sta nelle interazioni embrionali ("epigenetiche"), che sono in gran parte regolate dalle cosiddette "molecole di adesione" poste sulla superficie delle cellule. Le molecole di adesione fra le cellule (CAM) e con i substrati extracellulari (SAM), appartengono alla stessa famiglia molecolare delle immunoglobuline. Queste molecole, che hanno costituito uno dei campi di ricerca più fruttuosi dello stesso EDELMAN, si esprimono precocemente durante lo sviluppo e permettono i processi morfogenetici primari. Esse costituiscono così le regolatrici dell'architettura molecolare dell'organismo. In tale visione non solo si può spiegare lo sviluppo senza ricorrere al vitalismo, ma si può comprendere la molteplicità di organizzazione dei viventi prodotta nel corso

dell'evoluzione. L'ipotesi che la complessità dell'organismo sia il prodotto di processi selettivi su un immenso repertorio di variabilità spiega in modo eccellente l'intrinseca variabilità degli individui e nello stesso tempo la loro coerenza rispetto alla specie. In questa concezione, il mondo viene categorizzato percettivamente per azione di due processi interattivi di selezione sulla variazione. Il primo ha luogo in gran parte durante lo sviluppo embrionale e postnatale. In esso neuroni vicini tendono ad essere fortemente interconnessi in collettivi di neuroni di dimensione e struttura variabili. Questa ipotesi introduce un concetto nuovo di tipo "popolazionistico" nei meccanismi di selezione cellulare durante lo sviluppo embrionale precoce. Il secondo processo consiste in modificazioni dell'efficacia delle sinapsi durante l'attività dell'animale, di modo che vengono selezionate le risposte correlate di quei gruppi neuronali che producono comportamento adattativo" (EDELMAN, 1993). L'interazione e l'adeguamento fra gruppi di neuroni si raffina ulteriormente attraverso la "segnalazione rientrante" (concetto che tende a sottolineare l'importanza delle relazioni con l'ambiente e la possibilità di generare congruenza fra mondo e sua rappresentazione nervosa per adattamenti successivi, plasmati dall'esperienza reale) (fig. 2).

La teoria della selezione dei gruppi neuronali e l'ipotesi che i vari gruppi interagiscano con "segnalazione rientrante" per formare le mappe cerebrali di rappresentazione del mondo e dell'azione fanno giustizia della concezione neuropsicologica (anche questa tipicamente istruttivistica) che comporta una regressione infinita di "homunculi" — entità — capaci di leggere le istruzioni per un'altra entità, e così via, mentre la genesi della complessità viene materialmente legata alla selezione. In tal modo non solo si costruisce la struttura dell'encefalo e la si modella sull'esperienza, rendendola atta a rispondere in modo adeguato agli stimoli ambientali, ma si genera la memoria e la categorizzazione percettiva. La "autoelevazione" dei sensi che ne deriva permette, in una prospettiva biologica e materialistica, il passaggio dalla coscienza primaria a quella di ordine superiore, che affranca l'uomo dalla sua origine animale senza negarla.

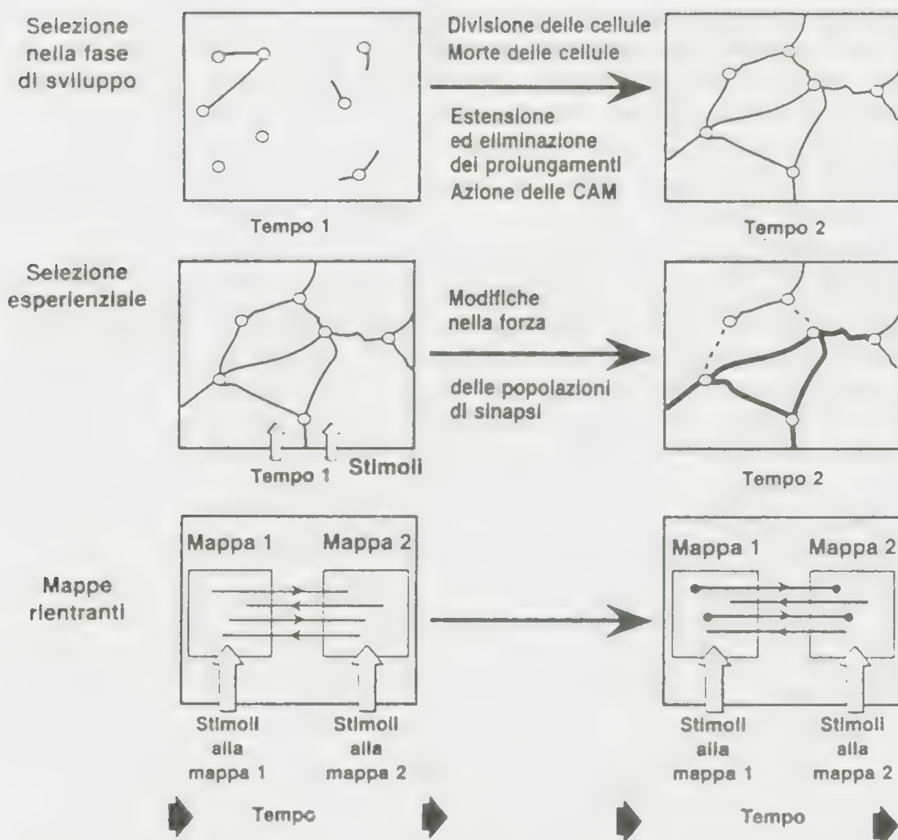


Figura 2 - I due motori del darwinismo neurale sono la **selezione di gruppi neuronali** e la **segnalazione "rientrante"** fra gruppi neuronali nel produrre mappe cognitive del mondo. La selezione di gruppi neuronali si realizza attraverso due tappe: (1) la selezione ontogenetica, nella quale giocano un ruolo centrale le CAM e le SAM che è dominata dalla logica delle interazioni epigenetiche e che fornisce il repertorio primario di risposte; (2) la selezione esperienziale, che produce il repertorio secondario, rafforzando determinate connessioni sinaptiche in base al comportamento ed all'esperienza. La segnalazione "rientrante" fra gruppi neuronali nel produrre mappe cognitive del mondo è fondata sul potenziamento di connessioni fra gruppi neuronali di aree diverse, che ricevono stimoli disgiunti e che in qualche modo li associano e li adeguano reciprocamente. Nel corso dell'evoluzione, modificazioni ad un singolo livello potrebbero portare ad una importante riorganizzazione del sistema complessivo (ridisegnato da EDELMANN, 1992).

Darwinismo neurale e genetica molecolare

Gli ultimi anni sono stati contrassegnati da un successo addirittura sbalorditivo di quella Biologia che partendo dagli studi di Genetica Molecolare in *Drosophila*, ha definito la complessa rete di prodotti genici coinvolti nel controllo dello sviluppo ed ha identificato una stupefacente somiglianza strutturale fra geni dello sviluppo in *taxa* molto lontani fra loro (v. ad esempio, PUELLES & RUBISTEIN, 1993; BONCINELLI, 1994, *a, b*).

EDELMAN ha ovviamente ben compreso allora che la sua teoria doveva in qualche modo legare molecole di adesione e geni dello sviluppo (ed in particolare quelli che regolano il *pattern* corporeo, quali i geni con *homeobox*). E con molta efficacia (pur fondandosi per ora su pochi dati controversi) ha proposto che l'espressione delle molecole di adesione, le CAM e le SAM, possano essere indotte da geni ad *homeobox* (EDELMAN & JONES, 1993). In questo modo il "progetto di massima" dell'organismo e del suo sistema nervoso di integrazione viene tracciato dall'espressione discontinua, spazialmente e temporalmente, di una serie di geni di sviluppo, che lascerebbe poi il campo alle interazioni cellulari, orientate e guidate dalle molecole di adesione per la sua rea-lizzazione vera e propria (DEACON, 1995) (fig. 3).

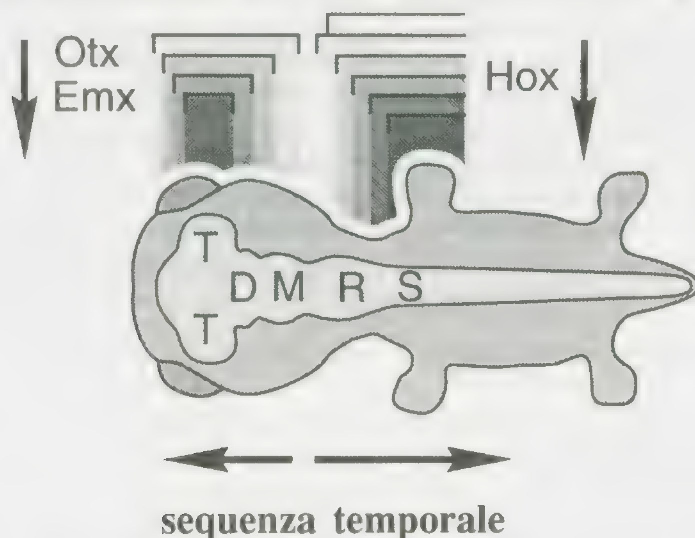


Figura 3 - Rappresentazione schematica delle aree di espressione di tre classi di geni omeotici (**Otx**, **Emx**, **Hox**) nell'encefalo del topo embrionale. Si può notare come i vari geni siano espressi in modo sovrapposto sui due lati ed in sequenza temporale, secondo il verso della freccia (ridisegnato da DEACON, 1995).

Le teorie di EDELMAN hanno innescato una enorme quantità di ricerche e molte sono le conferme sperimentali ottenute. Ad esempio, lo studio del sistema olfattivo dei vertebrati, ha dimostrato che la teoria del darwinismo neurale spiega molte osservazioni passate e presenti su quel sistema sensoriale così plastico (FASOLO & BIFFO, 1995).

Rimane peraltro da definire il modo con il quale si genera la "continuità di informazione". È probabile tuttavia che le conoscenze che si stanno accumulando in questi ultimi anni sulla Biologia dello Sviluppo e sui meccanismi attraverso i quali il patrimonio genetico "dialoga" con l'ambiente esterno ed interno, potranno fornire una spiegazione più adeguata della genesi di strutture complesse, quali gli organismi viventi (ed i loro cervelli).

La sfida dell'encefalo

Gli anni '90 sono il decennio dedicato allo studio del tessuto nervoso, nei piani di ricerca, o almeno nelle parole, della scienza ufficiale. Forse non saranno raggiunti gli obiettivi ambiziosi promessi da tanta retorica scientista, ma è certo che i prossimi anni porteranno importanti scoperte sui meccanismi cellulari e molecolari su cui si basa il funzionamento dei tessuti nervosi in condizioni normali e nella patologia. È altrettanto probabile che si possa intensificare la ricerca multidisciplinare e la riflessione sulla metodologia di ricerca. In questo contesto non potrà certo mancare una enfasi sull'evoluzione del sistema nervoso.

Questo settore dovrà arricchirsi di nuove conoscenze puntuali, ma più di ogni altro dovrà elaborare sintesi teoriche, ipotesi di lavoro, interazioni con i mondi della filosofia, della logica, dell'intelligenza — artificiale o naturale, che sia —, della psicologia. Le modellistiche, usando le reti neurali od altri sistemi di elaborazione, stanno già emulando l'intelligenza e la sua genesi evolutiva.

BIBLIOGRAFIA

ALLEVA E., FASOLO A., LIPP H.-P., NADEL L. & RICCERI L. (1995), *Behavioural brain research in naturalistic and seminatural settings: possibilities and perspectives*, Kluwer Publ., Amsterdam.

BONCINELLI E. (1994 *a*), *Biologia dello sviluppo*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

BONCINELLI E. (1994 *b*), *Early CNS development: Distal-less related genes and forebrain development*, Current Opinion in Neurobiology, **4**, 29-36.

DEACON T.W. (1990), *Rethinking mammalian brain evolution*, Amer. Zool., **30**, 629-705.

DEACON T.W. (1995), *On telling growth from parcellation in brain evolution*, in: «ALLEVA E., H-P. LIPP, A. FASOLO, L. NADEL & L. RICCERI (a cura di), *Behavioural brain research in naturalistic and seminaturalisti settings: possibilities and perspectives*, Kluwer Publisher», 37-62.

EDELMAN G.M. (1987), *Neural darwinism. The theory of neuronal group selection*, Basic Books Inc. Publishers, New York.

EDELMAN G.M. (1988), *Topobiology. An introduction to molecular embryology*, Basic Books Inc. Publishers, New York; trad. it. *Topobiologia*, Boringhieri, Torino.

EDELMAN G.M. (1992), *Bright air, brilliant fire. On the matter of the min*, Basic Books Inc.; trad. it. *Sulla materia della mente*, Adelphi, Milano 1993.

EDELMAN G.M. (1993), *Neural darwinism: selection and reentrant signaling in higher brain function*, Neuron, **10**, 115-125.

EDELMAN G.M. & JONES F.S. (1993), *Outside and downstream of the homeobox*, J. Biological Chem., **268**, 20683-20686.

FASOLO A. & MALACARNE G. (1988), *Comparing the structure of brains: implications for behaviural homologies*, in: «H. JERISON & I. JERISON (a cura di), *Intelligence and evolutionary biology*, Springer-Verlag, Berlin», 119-142.

FASOLO A. & BIFFO S. (1995), *Neural Darwinism in the olfactory system*, in: «E. ALLEVA, H.-P.LIPP, A. FASOLO, L. NADEL & L. RICCERI (a cura di), *Behavioural brain research in naturalistic and seminaturalistic settings: possibilities and perspectives*, Kluwer Publisher», 63-81.

FINALY B.L. & DARLINGTON R.B. (1995), *Linked regularities in the development and evolution of mammalina brains*, Science, **268**, 1578-1584.

JERISON H. (1991), *Brain size and the evolution of mind*, American Museum Natural History, New York.

MARTIN R.D. (1995), *Dimensioni del cervello ed evoluzione umana*, Le Scienze, **319**, 35-41.

NORTHCUTT R.G. (1984), *Evolution of the vertebrate central nervous system: pattern and processes*, Amer. Zool., **24**, 701-716.

NORTHCUTT R.G. (1986), *Neuroanatomy. Strategies of comparison: How do we study brain evolution?*, Verh. Dtsch. Zool. Ges., **79**, 91-103.

PUELLES L. & RUBENSTEIN J.L.R. (1993), *Expression patterns of homeobox and other putative regulatory genes in the embyrionic mouse forebrain suggest a neuromeric organization*, Trends in Neurosci., **16**, 472-479.

Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 47-56.

L'origine degli organismi viventi

Giorgio CAVALLO[*]

CARTESIO nel suo *Discorso sul Metodo* si pose fra gli altri problemi quello dei rapporti fra fisica e biologia, anzi fu il primo a indicare lucidamente e razionalmente le mete che la scienza avrebbe dovuto prefiggersi per riuscire a svelare i misteri della fisiologia umana e ciò allo scopo non solo e non tanto di dominare la materia organica, ma principalmente per far raggiungere agli uomini il dominio spirituale di se stessi.

Egli indicò quali dovessero essere le tappe di questa straordinaria progressione e cioè in un primo tempo quella di conoscere con precisione i fenomeni fisici; in un secondo tempo si sarebbero dovute impiegare le cognizioni di fisica per pratiche applicazioni e cioè per ottenere quello che attualmente chiameremmo il prodotto di una tecnologia avanzata; in una terza fase si sarebbero dovuti applicare i metodi fisici allo studio della materia vivente, in tal modo preconizzando alcuni dei filoni di ricerca oggi più seguiti e che fanno capo, tra l'altro, alla biofisica e alla bioingegneria e infine mirare al raggiungimento di una vita spirituale perché "il nostro spirito è così legato al temperamento e alla disposizione degli organi corporei che, se è possibile trovare qualche mezzo per rendere gli uomini più saggi e più abili, credo che bisogna cercarlo nella medicina".

Oggi siamo ben lontani dall'aver raggiunto il dominio dello spirito, ma è certo che le prime tappe del processo cartesiano hanno avuto uno sviluppo notevole.

E a tale proposito va detto che l'esperimento eseguito da MILLER nel 1953, e del quale si parlerà fra poco, oltre a porre le basi sullo studio moderno dell'origine della vita, può sotto certi aspetti, essere considerato il vero atto di nascita della biofisica.

Il problema dell'origine della vita sulla Terra ha appassionato l'uomo da millenni. Se limitiamo l'esame dello sviluppo delle idee su tale

[*] Accademia delle Scienze di Torino; ordinario di Microbiologia, Università di Torino. Conferenza tenuta il 30 Marzo 1994.

problema agli ultimi secoli vediamo come esso sia stato dapprima condizionato dalla possibilità della "generazione spontanea".

Fino al 1600 era ammesso da quasi tutti gli uomini colti che esseri viventi, e in special modo invertebrati e piccoli vertebrati, potessero generarsi spontaneamente da materiale organico (ad esempio carne in decomposizione) e anche da sostanze inorganiche (fanghi, limo di fiume, ecc.). Le idee di ARISTOTELE espresse in tal senso nei suoi libri di *Storia Naturale*, di fatti, vennero accettate da tutti gli studiosi e mai confutate per circa 20 secoli.

Nel 1668 il REDI inferse un primo colpo a questo concetto, dimostrando che i vermi che apparivano su materiale in decomposizione derivavano da uova di insetti.

La scoperta dei batteri ad opera di VAN LEEUWENHOEK (1675) fece rinverdire la teoria della generazione spontanea, perché si pensò che almeno per questi microscopici organismi essa potesse essere concepibile. La disputa che ne seguì e che si protrasse per tutto il 700, quando le prove fornite da Lazzaro SPALLANZANI diedero un colpo che apparve in un primo momento definitivo alla generazione spontanea, e per buona parte dell'800, sembrò concludersi con le magistrali sperimentazioni di PASTEUR, il quale dimostrò che anche i microorganismi derivavano da altri microorganismi o da forme di resistenza di essi, le cosiddette spore batteriche, e che non potevano in nessun caso formarsi spontaneamente. Quasi negli stessi anni si andavano diffondendo ed affermando le idee di DARWIN sull'evoluzione; la sua teoria spiega in modo razionale la comparsa successiva di organismi sempre più differenziati, ma non copre il primo punto del problema e cioè non spiega come i primi o il primo organismo vivente sia potuto apparire sul nostro pianeta.

Se fosse possibile dimostrare la "generazione spontanea" anche questa lacuna sarebbe colmata, ma una tale dimostrazione mancava alla fine del secolo scorso e, per la verità, anche le acquisizioni più recenti non hanno portato ad alcun contributo decisivo su questo punto, pur avendo contribuito a molte conoscenze e aver riproposto la "possibilità" che organismi primordiali si siano potuti formare spontaneamente in particolari condizioni.

È del 1924 uno scritto del russo OPARIN che per primo esamina la possibilità di un tale evento sulla base delle cognizioni di chimica-fisica di quel tempo. Qualche anno dopo (1929) uno studioso inglese, HALDANE, prospetta una nuova teoria che può essere esemplificata nel modo seguente.

Gli esperimenti fatti in precedenza non escludono che forme viventi possano essere nate autoctonamente miliardi di anni fa; essi si limitano

a dimostrare che sulla crosta terrestre nelle attuali condizioni un evento del genere non è possibile. In altre parole SPALLANZANI e PASTEUR hanno giustamente e incontrovertibilmente dimostrato che un protozoo o un batterio nascono sempre da un protozoo e da un batterio, così come una quercia ha origine sempre da un seme di quercia (*omne vivum e vivo*), ma ciò non può essere generalizzato nel tempo e cioè riportato anche ad alcuni miliardi di anni fa, in quanto le condizioni in cui PASTEUR e gli altri svolsero i propri esperimenti non possono essere state identiche a quelle primordiali della crosta terrestre.

HALDANE, sulla base dei pochi dati di cosmologia e di fisica allora noti, escluse fra l'altro che il nostro pianeta fosse circondato, subito dopo la sua formazione, da una atmosfera uguale a quella attuale, ma che questa avesse carattere riducente.

Da questi enunciati si partì per un riesame del problema.

A questo punto bisogna fare un salto all'indietro di notevole lunghezza ed importanza. Come è nata la Terra? La teoria più accreditata attualmente è quella della "accumulazione", che si deve in buona parte a UREY e a GOLD (1952-1960). Il sistema solare si sarebbe formato da una nuvola gassosa (la prima idea della "nebula" di gas fu di LAPLACE nel 1776, che riprendeva un'ipotesi di Emanuele KANT di qualche anno prima, adattandola alle concezioni scientifiche del tempo); tale nuvola avrebbe formato un disco di gas che girando su se stesso si sarebbe spiralizzato in orbite sempre più ampie. In questo disco primitivo, formato per il 90% da idrogeno, sarebbero stati presenti tutti gli elementi chimici oggi conosciuti. La continua "spiralizzazione" avrebbe fatto diffondere la nuvola in una zona molto ampia e superiore all'attuale orbita di Plutone. In conseguenza di ciò lo stato del gas sarà risultato diverso a seconda della distanza dal nucleo centrale della "nuvola", e cioè dal Sole, e si sarà avverata in zone diverse prima la condensazione di materiale gassoso in stato liquido e stato solido e successivamente l'accumulazione del materiale stesso in quelli che sono oggi i pianeti e i satelliti del sistema solare.

La Terra avrebbe un'età di 4 miliardi e mezzo di anni; ciò almeno risulta dall'esame delle rocce più antiche finora conosciute, ma non si può escludere che sia ancora più vecchia. Qualunque sia quest'età, comunque, il nostro pianeta doveva essere circondato ai tempi della sua formazione da idrogeno e da elio e cioè dagli stessi elementi prevalenti ancora attualmente nell'universo; in un ambiente di questo tipo, secondo le acquisizioni di fisica e di chimica, gli elementi essenziali presenti oggi negli organismi viventi e cioè C, N, H, e O possono costituire solo pochi composti e, fra gli altri, metano, ammoniaca ed acqua. Da questi devono essere derivate le molecole organiche.

Va detto che tale affermazione non è fantasiosa, ma poggia su acquisizioni scientifiche: ad esempio anche attualmente negli spazi intersiderali sono presenti composti ricchi di carbonio, composti che derivano da corpi celesti; così le stelle di tipo N (così le chiamano gli astrofisici) emettono continuamente nello spazio composti carboniosi per grammi 5 per 10 alla cinquantaduesima ogni anno ed è noto che nelle meteoriti che precipitano sul nostro pianeta, insieme con materiale inorganico, sono presenti anche sostanze organiche, e tra le altre alcuni aminoacidi.

Secondo i fisici l'ambiente primitivo che circonda la Terra si sarebbe andato progressivamente modificando; oltre al metano, all'ammoniaca e al vapore acqueo si sarebbero formati anche CO e CO_2 per azione del calore proveniente dai numerosissimi vulcani presenti sulla crosta terrestre.

A questo punto avremo avuto quindi un ambiente ricco oltre che di idrogeno e di elio, di H_2O, CH_4, CO, CO_2, NH_3.

Manca l'O_2; abbiamo cioè una situazione ben diversa da quella dell'atmosfera attuale, in cui O_2 costituisce il 20% di tutta la massa gassosa.

D'altra parte anche altre condizioni erano diverse; le tempeste risultavano molto più violente, le scariche elettriche di enorme potenza, le radiazioni molto più efficaci (in quanto non filtrate dall'atmosfera e dal mantello di ozono, ecc.).

Partendo da questi concetti nel 1953 nel laboratorio di URIEL a Chicago un giovane studente, l'americano MILLER, tentò di sintetizzare materiale organico in una situazione simile a quella teoricamente possibile 4 miliardi di anni fa e ottenne a mezzo dell'apparecchiatura da lui realizzata una ventina di composti, tra i quali diversi aminoacidi, acido acetico e urea.

L'esperimento di MILLER fece molto scalpore e aprì un filone di ricerche in tal senso che portarono alla sintesi di altri composti anche più complessi, come le porfirine e i nucleotidi (costituenti essenziali degli acidi nucleici), e infine i cosiddetti proteinoidi e cioè materiale organico molto simile alle proteine naturali.

FOX, successivamente, ha ottenuto dai proteinoidi le "microsfere", che sono particolari formazioni grandi come batteri, ma incapaci di riprodursi.

L'evoluzione del problema a questo punto si arresta: l'uomo non è riuscito a... dare origine alla vita in laboratorio e forse non ci riuscirà mai, ma i dati esposti fanno supporre che l'ipotesi di OPARIN e di HALDANE non sia avventata, e ciò sulla base delle seguenti considerazioni:

1) costituenti essenziali dei protoplasmi viventi possono essere sinte-

tizzati in condizioni simili a quelle esistenti nel periodo di formazione della Terra;
2) da questi costituenti è possibile ottenere organizzazioni simili a batteri;
3) i più antichi fossili finora scoperti contengono elementi simili a batteri (precisamente Cianobatteri primitivi) e contano 3 miliardi e 500 milioni di anni (argille dell' Onverwacht in Sud Africa e quelle di Warrawoona in Australia);
4) i primi eucarioti fossili risultano risalire a 1 miliardo di anni fa.

Analizzando in maggiore dettaglio la possibilità di sintesi di costituenti essenziali dei protoplasmi viventi, dobbiamo ricordare che esistono molti dati, oltre quelli riferiti a proposito delle esperienze fondamentali di MILLER.

Nel 1954 BAHADUR ha ottenuto, per azione della luce solare e quindi in condizioni molto più semplici di quelle di MILLER, diversi aminoacidi partendo da nitrati e da formaldeide, altri autori successivamente sono giunti ai medesimi risultati utilizzando formaldeide e idrossilamina, oppure glucosio e nitrati, acido citrico e nitrati, formiato di ammonio e cianuri ecc.

In tutte queste prove positive si utilizzava sempre un agente fisico, che variava da caso a caso: raggi ultravioletti, o raggi X, o raggi Beta o raggi gamma o calore (fino a 1300°C).

È stato dimostrato anche che da alcuni aminoacidi è possibile ottenerne altri successivi; così per azione dei raggi UV dall'acido glutammico sono stati ottenuti, in presenza di acido propionico, i seguenti aminoacidi: glicocolla, alanina, acido aminobutirrico, acido aspartico, valina, leucina.

Da tutti questi dati si può concludere che almeno per la sintesi degli aminoacidi non è azzardata l'ipotesi che essa si sia potuta avverare sulla superficie terrestre nelle condizioni presumibilmente presenti alcuni miliardi di anni fa.

Susseguente a queste sintesi è stata, verosimilmente, l'organizzazione dei singoli aminoacidi in molecole più complesse e cioè nelle proteine. Va detto a questo punto che tale processo di polimerizzazione è endoergonico e che abbisognano circa 3000 calorie per un solo legame peptidico, il che fa supporre che la quantità di energia necessaria per la formazione delle prime macromolecole è stata enorme, ma che essa può essere stata fornita o dall'elettricità o dall'energia radiante o da quella termica, che, come si è detto, a quel tempo risultavano senza dubbio molto più disponibili di quanto lo siano attualmente. D'altra parte si è già fatto cenno al fatto che FOX nel 1969, ottenne i

"proteinoidi", i quali furono prodotti partendo da miscele di aminoacidi con un eccesso di acido aspartico e di acido glutammico e utilizzando il calore secco a temperature di 150-200°C.

Le proprietà dei proteinoidi possono essere così elencate: in analogia alle proteine hanno la possibilità della reazione del biureto e quella della reazione xantoproteica e manifestano qualità simili a quelle delle proteine con basso peso molecolare, per quanto riguarda la mobilità elettroforetica, lo spettro di assorbimento all'infrarosso, ecc. A differenza delle proteine i proteinoidi contengono anche aminoacidi Destrogiri (oltre ai Levogiri presenti anche in natura) e inoltre non sono dotati di potere immunogeno e cioè non determinano produzione di anticorpi, una volta inoculati in animali da esperimento (va detto però che le piccole proteine sono spesso anch'esse sprovviste di questo potere e cioè non funzionano da antigeni).

La sintesi degli aminoacidi è stata inoltre ottenuta da HARADA e dallo stesso FOX utilizzando temperature molto più basse. A 70°C, infatti, e in presenza di acido polifosforico essi ottennero proteinoidi simili a quelli sintetizzati a circa 200°C.

Si è anche fatto cenno che con questi materiali organici sintetici è stato possibile ottenere delle sferule, che dal punto di vista morfologico non si differenziano molto nei batteri e che, come questi, risultano provvisti di tegumenti, i quali però non hanno la medesima struttura chimica dei tegumenti batterici (che sono molto più complessi); inoltre le microsferule pur presentando processi simili a quelli della gemmazione non riescono a dividersi, se non in rari casi e per un tempo limitato; manca cioè la riproduzione in senso stretto.

Vale la pena di ricordare che precedentemente agli studi di MILLER, il russo BRESLER (1949) era riuscito a polimerizzare aminoacidi in molecole proteiche a mezzo di alte pressioni (10 000 atmosfere); tale processo si riferisce tuttavia ad aminoacidi naturali e non ottenuti artificialmente, ma esso dimostra la possibilità che il processo di organizzazione degli aminoacidi può essere ottenuto anche in altra via e non soltanto per azione delle radiazioni.

Più recentemente un esperto della NASA, PONNAMPERUMA, ha ipotizzato che il processo di polimerazione si sia realizzato a mezzo di un tetramero dell'acido cianidrico, il quale, secondo questo Autore, si sarebbe trovato in notevoli quantità sulla superficie terrestre in epoca pre-biotica.

Molto importante è il problema della sintesi degli acidi nucleici, che costituiscono gli elementi di base essenziali degli esseri viventi. Gli studi fatti negli ultimi 15 anni rendono molto probabile l'ipotesi che anche questi composti possano essere apparsi sulla terra spontaneamen-

te, nelle condizioni primitive in cui si trovava la superficie del nostro pianeta.

È accertato che basi puriniche e pirimidiniche possono essere ottenute da sostanze inorganiche: questo è il caso dell'adenina che può essere ottenuta sia per azione del calore (100° C per alcuni giorni) dall'acido cianidrico (HCN), dall'ammoniaca (NH_3) e dall'acqua (H_2O), sia per irradiazione di una miscela di metano, NH_3, H_2O e idrogeno; la guanina è stata ottenuta da PONNAMPERUMA, irradiando con raggi UV l'acido cianidrico; l'uracile viene sintetizzato per azione del calore (100-140°C) partendo da acido malico e urea.

La sintesi dei glicidi (si ricorda che i costituenti degli acidi nucleici sono: pentosi, acido fosforico e basi puriniche e pirimidiniche) è stata ottenuta da TERENIN già negli anni 50 partendo da diverse aldeidi, sottoposte all'azione dei raggi ultravioletti; nel 1963, inoltre, PONNAMPERUMA e i suoi collaboratori hanno sintetizzato sia il riboso sia il desossiriboso per irradiazione (raggi gamma, raggi UV) della formaldeide. Nucleosidi, quali l'adenosina e la desossiadenosina, sono stati sintetizzati partendo dalle basi singole e dai pentosi in presenza di esteri polifosforici. Ricerche di questo tipo hanno anche permesso di ottenere quantità apprezzabili di ADP e di ATP. L'ATP (o adenosintrifosfato), che si ottiene di norma dall'ADP (adenosindifosfato), provvede all'energia necessaria per la vita delle diverse strutture biologiche.

Sulla base di quanto si è detto sulla sintesi abiotica degli acidi nucleici si può concludere che nulla osta all'ipotesi che miliardi di anni fa sulla Terra siano apparse macromolecole molto vicine agli attuali DNA e RNA, anche se non identiche ad essi. Fin dal 1964 uno scienziato italiano, il CEDRANGOLO, avanzò l'idea che gli acidi nucleici e le proteine siano apparsi contemporaneamente sul nostro pianeta e ciò sotto l'azione dei fattori casuali, cui si è già fatto cenno. Fra i due tipi di macromolecole si sarebbe potuta instaurare una specie di autocatalisi: gli acidi nucleici avrebbero potuto condizionare la formazione di nuove proteine e viceversa.

D'altra parte è noto dalla biochimica che molte proteine hanno attività enzimatica ed alcune di esse intervengono nella organizzazione degli acidi nucleici così come è indiscutibile che l'RNA dei ribosomi dirige la sintesi delle proteine.

Attraverso questa concezione si può, almeno in via ipotetica, ammettere che il primo materiale vivente sia stato simile agli attuali virus filtrabili, che sono costituiti da un solo acido nucleico (RNA oppure DNA), rivestito da proteine.

A questo proposito vale la pena di ricordare che dai virologi vengono

prospettate tre possibilità circa l'origine dei virus:

1) essi potrebbero "derivare da strutture macromolecolari di natura nucleoproteica che sarebbero state sintetizzate prima dei microrganismi ancestrali". Questa teoria in pratica è equivalente a quella sull'origine della vita, accettata ormai dalla maggioranza degli studiosi;
2) la seconda teoria fa derivare i virus da segmenti di acidi nucleici, staccatisi da cellule viventi;
3) secondo alcuni virologi, infine, i virus costituirebbero il risultato di un lungo e progressivo processo di involuzione dei batteri. A mano a mano che i secoli sono trascorsi alcuni microbi avrebbero perduto singole qualità, il che avrebbe portato alla comparsa dei batteri patogeni, i quali per sopravvivere e riprodursi a un certo punto si sarebbero trovati nella necessità di entrare in un rapporto strettissimo con gli organismi superiori (fra i quali l'uomo) allo scopo di assumere da questi quelle sostanze che non erano più capaci di sintetizzare e ciò appunto in relazione con la scomparsa delle singole qualità o capacità metaboliche che erano andate perdute. Esistono batteri, ad esempio, che per vivere hanno bisogno di rifornirsi di emoglobina dai vertebrati e altri necessitano di singole vitamine o di enzimi. Per la perdita di ulteriori capacità si sarebbe giunti a poco a poco alla formazione dei virus, che non hanno la capacità di riprodursi, ma solo di farsi riprodurre.

Le teorie più accreditate sono oggi la prima e la terza e ciò sulla base di studi di biologia molecolare; in particolare l'esame della costituzione degli acidi nucleici virali ha portato alla conclusione che mentre alcuni virus, fra i quali quello del vaiolo e quello dell'erpete labiale, sarebbero derivati dai batteri patogeni (dati i rapporti di somiglianza dei rispettivi acidi nucleici), altri virus sarebbero originariamente autoctoni.

Anche la seconda tappa dell'origine della vita è quindi spiegabile (la prima è quella della formazione di sostanze organiche da quelle inorganiche; la seconda riguarda appunto la polimerizzazione delle piccole sostanze organiche in molecole complesse e provviste di attività biologica); meno agevole risulta la comprensione della terza tappa e cioè l'organizzazione delle macromolecole in edifici cellulari.

Probabilmente le prime "cellule" non possedevano tutte le qualità di quelle odierne.

D'altra parte bisogna ricordare che fra la nascita della Terra e l'apparizione dei primi microorganismi, di cui oggi abbiamo i fossili, sono trascorsi oltre 1 miliardo di anni, un lasso di tempo enorme e nel quale — verosimilmente — molto si sarà avverato e molto sarà cambiato;

di questo molto, purtroppo, non sappiano nulla, perché, almeno finora, nessun reperto dell'epoca è a nostra disposizione. Gli scienziati, però, hanno cercato di ricostruire in via teorica gli eventi che si sono svolti sulla superficie terrestre.

OPARIN (lo stesso cui si deve il nuovo interesse per il problema dell'origine della vita) ha suggerito che la prima cellula, che egli ha chiamato "protobionte", è apparsa quando su alcune macromolecole dotate di attività enzimatiche si è formata una membrana che le abbia avvolte.

Ciò sarebbe avvenuto nel mare primitivo e cioè nella parte liquida della superficie del nostro pianeta (da ciò deriverebbe la frase, che spesso si ripete, senza forse comprenderne il significato: "La vita ha origine dal mare"). Il protobionte, a questo punto, avrebbe captato alcune molecole essenziali per il metabolismo e come fonte di energia, come il glucosio, e avrebbe successivamente inglobato altro materiale tanto da ingrandirsi fino al punto di scoppiare; ciò avrebbe portato alla formazione di numerose sferule, alcune delle quali in condizioni di ingrandirsi nuovamente in dipendenza del fatto che esse contenevano le molecole attive presenti nella sferula originaria.

OPARIN ha condotto numerosi esperimenti con i "coacervati" o microsferule, di cui si è già parlato, allo scopo di dimostrare che le sue idee non erano avventate; egli è riuscito ad ottenere sferule contenenti proteine, polisaccaridi e RNA che si comportavano nel modo da lui ipotizzato.

D'altra parte, anche FOX, che è lo scopritore dei primi coacervati, è riuscito, come si è fatto cenno, ad ottenere microsferule che si possono replicare non più di una o due volte e che presentano membrane doppie che fanno pensare a quelle degli organismi viventi.

A tale proposito è stato anche spiegato come si sarebbero formate le prime membrane. Oggi sappiamo che le membrane di tutte le cellule viventi hanno una particolare costituzione cui si è dato il nome di unità di membrana: questa risulta costituita da tre strati: quello intermedio è di natura lipidica, mentre gli altri due — l'esterno e quello più interno — sono proteici; lo stesso strato lipidico, però, risulta di due catene distinte di fosfolipidi e pertanto è in realtà un doppio involucro.

Ora è stato possibile dotare in via sperimentale le microsferule di una duplice lamina di fosfolipidi e il meccanismo col quale si attua tale processo, è stato studiato a fondo, in modo da poter congetturare le tappe di questo importante evento dell'origine delle cellule viventi.

È accertato che i lipidi formano spontaneamente un monostrato nell'interfacie dei sistemi acqua-aria; ciò può essere osservato con estrema facilità anche da un giovane studente. Per azione del vento su una

superficie acquosa, si possono ottenere goccioline (un vero e proprio spray) che dopo essersi alzate nell'aria ricadono nell'acqua sottostante; alcune di queste goccioline possono imbrigliare sostanze organiche, contenute nell'acqua al di sotto dello strato lipidico, il che è stato osservato in laboratorio e può, probabilmente, essere avvenuto alla superficie del mare primitivo. A questo punto la gocciolina sospesa nell'aria si dispone con il materiale lipidico che circonda quello proteico: i lipidi formeranno un monostrato, e quando la gocciolina stessa ricade nell'acqua, per la forza di gravità, tenderà ad affondare seppure di poco. In questa fase la sferula verrà ad acquisire un secondo strato lipidico, che è quello che si trova sulla superficie del mare ed ecco che il "protobionte" inizia il suo processo di formazione.

Da questo punto, si pensa, sarebbe partita la moltiplicazione delle prime cellule.

Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 57-74, 10 ff, 1 tab.

Chimica e Luce

Vincenzo BALZANI(*)

1. Introduzione

Chimica e luce sono due realtà molto importanti, anzi fondamentali per la vita di tutti e, come cercherò di illustrare, l'interazione fra queste due realtà ha grande interesse scientifico e applicativo. Prima però vorrei far notare che le due parole, Chimica e luce, sono valutate in modo molto diverso dalla gente. Luce è una parola che piace a tutti, che tutti pronunciano volentieri. Chimica, invece, è una parola che non gode di buona fama. In un articolo apparso qualche anno fa sulla rivista Airone, Giorgio NEBBIA si chiedeva: "Chimica è una parolaccia?" E concludeva che secondo l'opinione della gente comune la risposta è in gran parte affermativa. Recenti sondaggi sembrano indicare che le cose stanno lentamente cambiando. Ma è pur sempre vero che nel nostro Paese c'è una scarsa cultura scientifica in generale e in particolare, una scarsissima cultura chimica.

La Chimica non è un opzional pericoloso, un qualcosa di cui si può fare a meno, come molte pseudo-informazioni indurrebbero a pensare. La Chimica è un insieme di fenomeni naturali, una scienza pura, un campo di applicazione della tecnologia.

La Chimica è in noi: l'uomo, infatti, "funziona" o "non funziona" a causa di reazioni chimiche. Il concepimento, la crescita, l'invecchiamento, la morte sono in ultima analisi regolati da processi chimici, sia pure molto complessi. *La Chimica è attorno a noi:* basta pensare ai fenomeni naturali indispensabili per la vita come la fotosintesi, ed ai processi artificiali di primaria importanza per la civiltà come la combustione della benzina nel motore delle automobili. *La Chimica fa parte delle tecnologie e come tutte le tecnologie può essere usata per il bene o per il male:* con la Chimica si possono infatti produrre farmaci o veleni, fertilizzanti o agenti inquinanti, combustibili o armi.

(*) Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Università di Bologna. Conferenza tenuta il 25 Maggio 1994.

La Chimica ci spiega i perché delle cose che ci circondano, andando a vedere come sono fatte queste cose a un livello dieci miliardi di volte più piccolo, al livello degli atomi e delle molecole. Ad esempio, per capire come fa la luce del sole a far crescere gli alberi, bisogna scendere giù nel piccolo, come in una "zoomata", dall'albero (dimensioni dell'ordine del metro) alle foglie (10 cmx0,3 mm), alle cellule (50 µm), ai cloroplasti (5 µm), ai grani (200 nm), alle membrane tilacoidi (2 nm), fino a trovare dei congegni costituiti da un numero discreto di componenti molecolari assemblati in modo opportuno.

La Chimica oggi è diventata una scienza centrale (fig. 1). Il linguaggio e i metodi della Chimica stanno dando nuove prospettive alla Biologia. Col passare degli anni saranno sempre più discussi in termini molecolari, cioè chimici, i problemi della Medicina, e forse anche i pensieri, i sentimenti, le emozioni. La Chimica invade e pervade numerosi altri campi del sapere ed è il fondamento di discipline emergenti come l'Ecologia e la Scienza dei Materiali.

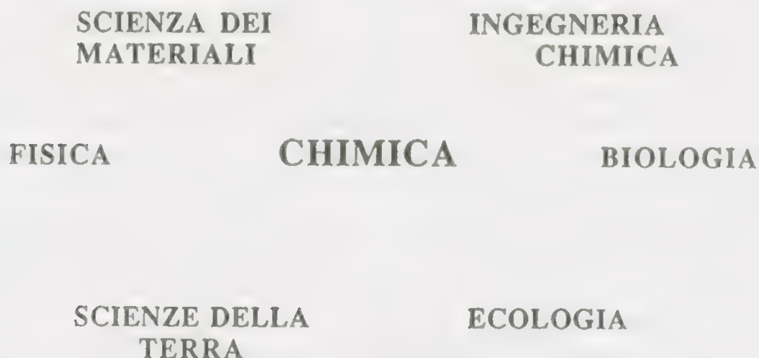


Figura 1 - La Chimica è una scienza "centrale" che invade e pervade molte altre scienze.

2. Nanochimica (Chimica Supramolecolare)

Il mondo delle piccole dimensioni, dominio della Chimica, oggi sta interessando molti campi della tecnologia dove la miniaturizzazione dei componenti delle apparecchiature è diventata una necessità sempre più stringente. Di grande interesse sono oggi strutture aventi dimensioni da 1 a 100 nanometri. Per l'ottenimento di strutture molto piccole finora si è seguito l'approccio "dall'alto" (*top down*) lavorando, con tecniche speciali, pezzi macroscopici di materiali; ma ormai si è giunti ai limiti

delle capacità tecniche di questo approccio. Può essere conveniente, allora, l'approccio "dal basso" (*bottom up*), cioè la costruzione di strutture supramolecolari di dimensioni nanometriche mediante l'assemblaggio di singole molecole. Si tratta, come vedremo meglio in seguito, di una vera e propria ingegneria a livello molecolare.

In collaborazione con colleghi delle università di Pisa e di Messina, con l'approccio "dal basso" abbiamo recentemente sintetizzato [1] specie supramolecolari costituite da centinaia di atomi, come quella rappresentata in fig. 2. Si tratta di mettere assieme, secondo un preciso

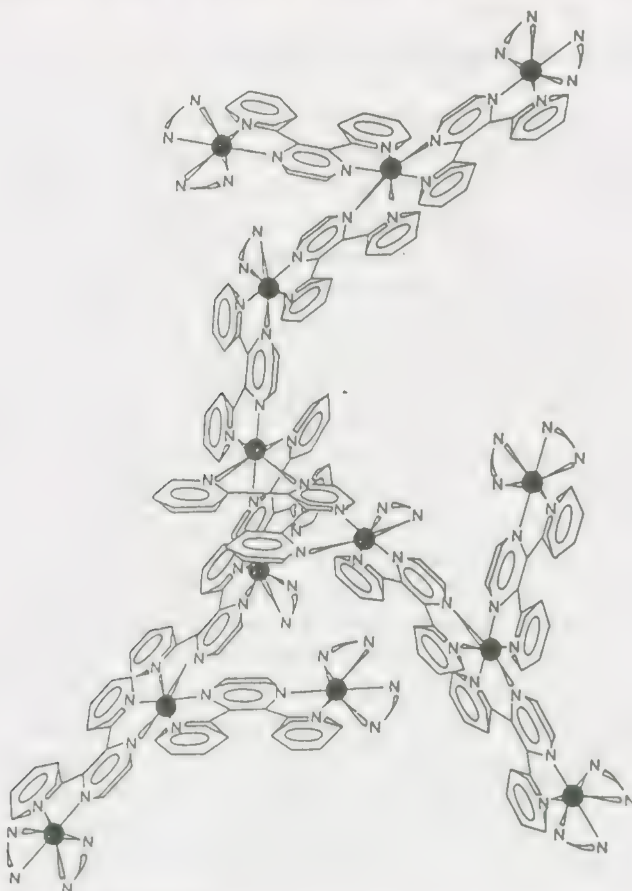


Figura 2 - Una specie supramolecolare costituita da tredici complessi metallici uniti fra loro [1]. La specie contiene in totale 649 atomi. I tredici atomi metallici sono indicati dai cerchietti neri. Ogni N-N indica una molecola di 2,2'-dipiridina. Gli atomi di carbonio e idrogeno degli anelli aromatici non sono mostrati per ragioni di chiarezza.

ordine, così come si fa per costruire le case con componenti prefabbricati, "pezzi" aventi dimensioni di miliardesimi di metro. Per preparare questa struttura, che contiene 649 atomi, 13 dei quali (cerchietti neri) sono metalli, si parte da un blocco centrale che già contiene 238 atomi al quale si uniscono 3 altri blocchi, ciascuno contenente 137 atomi. A loro volta questi blocchi vengono costruiti unendo elementi più piccoli. Queste gigantesche specie supramolecolari, chiamate dendrimeri (dal greco δένδρον, albero, per la loro struttura ramificata, possono essere utilizzate per raccogliere la luce solare.

3. Nanoingegneria (Ingegneria Molecolare)

L'ambizioso progetto dei chimici è costruire congegni, dispositivi, e macchine capaci di operare a livello molecolare per svolgere funzioni utili, quali potrebbero essere la distruzione di molecole inquinanti o la sintesi "dal basso" di nuovi materiali aventi proprietà speciali.

Può essere utile, a questo proposito, un paragone molto semplice. Per ottenere un'apparecchiatura (per esempio, un asciugacapelli), l'ingegnere costruisce dei componenti (un interruttore, un ventilatore, una resistenza) ciascuno dei quali è in grado di svolgere un ruolo specifico, e poi li assembla in modo opportuno (ad esempio nell'asciugacapelli la resistenza va messa davanti al ventilatore, e non dietro). Collegando i componenti con fili metallici secondo uno schema appropriato, si ottiene un'apparecchiatura che, alimentata da energia elettrica compie una funzione utile. Il chimico vuole procedere allo stesso modo, non a livello macroscopico, ma a livello molecolare. Costruisce dapprima componenti molecolari, poi li assembla in una struttura supramolecolare. Ciascun componente è ideato in modo da poter compiere un'azione specifica, e il sistema supramolecolare è assemblato in modo che l'insieme coordinato dalle azioni dei componenti possa dar luogo ad una funzione utile. I congegni a base molecolare (*molecular devices*) operano facendo muovere elettroni, atomi, o intere molecole. Come i congegni del mondo macroscopico, anche i congegni molecolari hanno bisogno di energia per funzionare. La forma di energia più adatta, più comoda e più flessibile per far funzionare i congegni molecolari è la luce. I congegni molecolari che funzionano utilizzando l'energia della luce si chiamano fotochimici [2]. Prima di descrivere qualcuno di questi sistemi, è opportuno ricordare qualche concetto di base della Fotochimica.

4. La Fotochimica

La Fotochimica è la branca della scienza che studia l'interazione fra luce e materia [3]. La storia della interazione fra luce e materia è la storia stessa del mondo. Da quando Dio disse "*Sia la luce*", la luce ha incominciato ad interagire con la materia e a forgiare il mondo. La Fotochimica infatti, prima ancora di essere una branca della scienza moderna, è un importante fenomeno naturale che (I) ha contribuito in modo determinante all'origine e all'evoluzione della vita sulla terra, (II) provvede direttamente od indirettamente al mantenimento degli organismi viventi (piante, animali, uomini) mediante il processo di fotosintesi che avviene nelle piante, (III) sta alla base della formazione ed accumulo dei combustibili fossili (carbone, petrolio, metano) che ci servono per far funzionare le industrie e le macchine, (IV) permette di avere informazioni sul mondo che ci circonda (il meccanismo della visione è basato infatti su reazioni fotochimiche), (V) determina molti comportamenti ambientali (fototropismo, fotofobia), etc. Nelle mani dell'uomo la Fotochimica è divenuta una scienza, che ha importanti implicazioni in molti campi: (I) riproduzione di immagini, (II) controllo dei processi di fotodegradazione dei colorati, delle vernici, delle materie plastiche, (III) sintesi di prodotti chimici speciali, (IV) conversione dell'energia solare in energia chimica od elettrica, (V) costruzione e uso di laser, di materiali fotocromici, di display luminescenti, etc.

Il concetto fondamentale introdotto nella Fotochimica dalla Fisica moderna è il seguente: l'assorbimento della luce corrisponde alla "cattura" di un fotone (hν) da parte di una molecola che si trova nel suo stato elettronico fondamentale e causa così la formazione di stati elettronici eccitati (fig. 3). Mentre le reazioni normali (termiche) si originano dallo stato elettronico fondamentale, le reazioni fotochimiche si originano dagli stati elettronici eccitati. *La Fotochimica si può in effetti definire come quella branca della scienza che si occupa dei processi che si originano dagli stati elettronici eccitati* [3]. Oggi è ben chiaro il concetto che ogni stato elettronico eccitato ha sue proprie caratteristiche chimico-fisiche, e pertanto va considerato come una nuova specie chimica rispetto allo stato fondamentale da cui deriva (tab. 1). *La Fotochimica può così essere vista come una nuova dimensione della Chimica.*

Come schematicamente indicato nella fig. 4, uno stato elettronico eccitato può dare luogo a una grande varietà di processi, fra loro in competizione, tutti di grande importanza teorica e applicativa. A seconda del tipo di molecola, del tipo di stato eccitato e delle condizioni sperimentali, potrà prevalere l'uno o l'altro di questi processi.

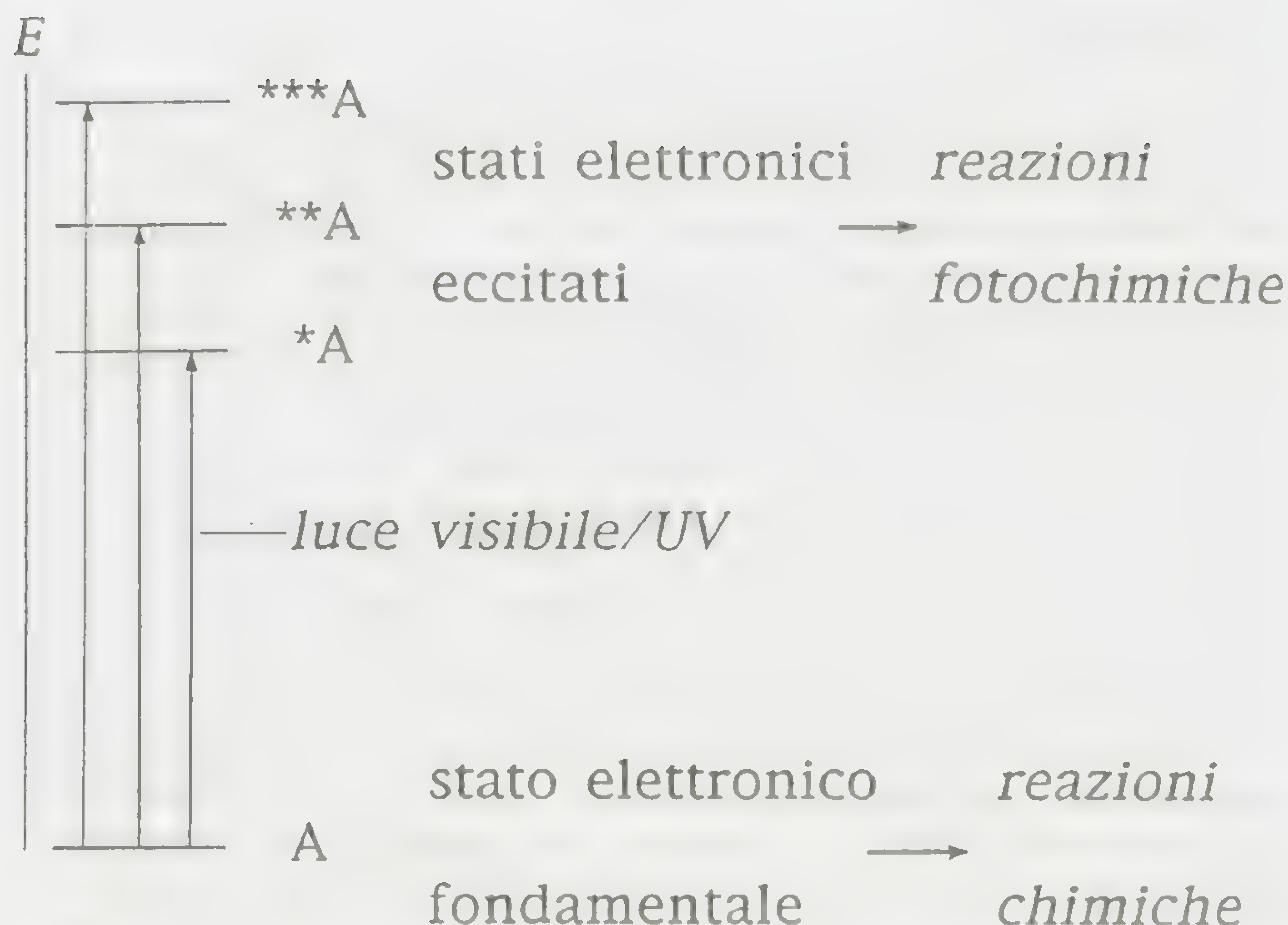


Figura 3 - La Chimica ordinaria è la Chimica dello stato elettronico fondamentale. La Fotochimica è la Chimica degli stati elettronici eccitati.

Tabella 1 - Confronto fra alcune proprietà dello stato fondamentale e di uno stato eccitato per molecole di vario tipo.

	stato fondamentale	stato eccitato
acido cianidrico (HCN)		
distanza H-C	1,06 Å	1,14 Å
distanza C-N	1,16 Å	1,30 Å
angolo di legame	108°	125°
formaldeide (H_2CO)		
struttura	planare	piramidale
magnetismo	diamagnetica	paramagnetica
momento dipolare	2,3 D	1,3 D
distanza C-O	1,22 Å	1,31 Å
fenolo (C_6H_5OH)		
proprietà acide (pK_a)	10	4
$Ru(bpy)_3^{2+a}$		
potenziale di riduzione	-1,28 V	+0,84 V

[a] bpy=2,2'-dipiridina.

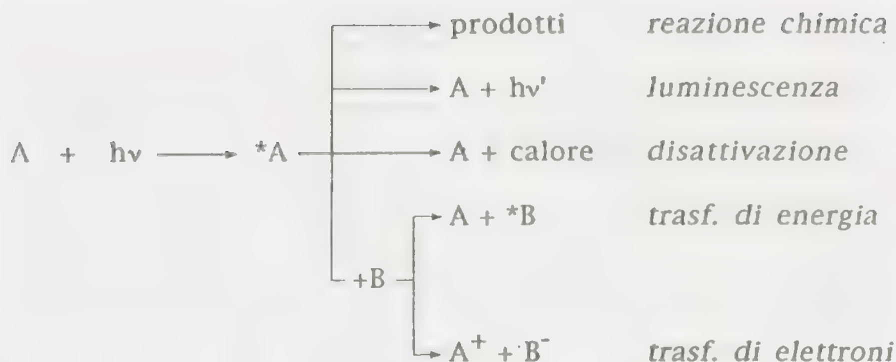


Figura 4 - Gli stati elettronici eccitati creati dall'assorbimento di luce sono specie a vita breve. La loro disattivazione può avvenire attraverso diversi processi in competizione fra loro, i più importanti dei quali sono schematizzati nella figura.

Va anche sottolineato che gli stati elettronici eccitati sono specie a vita molto breve, usualmente dell'ordine dei microsecondi (10^{-6} s), nanosecondi (10^{-9} s) o picosecondi (10^{-12} s). Pertanto l'osservazione diretta degli stati eccitati richiede l'uso di tecniche estremamente veloci, basate sull'impiego di laser come sorgenti di impulsi di luce estremamente brevi. In genere le proprietà che più si prestano per identificare gli stati eccitati e per seguire le loro reazioni sono quelle rivelabili con tecniche spettroscopiche (spettri di assorbimento nelle regioni UV, visibile ed IR, spettri Raman di risonanza, spettri di emissione) che richiedono l'uso di sofisticate apparecchiature elettroniche.

5. La luce: Energia ed Informazione

Vediamo un po' più in dettaglio il processo di interazione fra luce e materia. Ricordiamo anzitutto che la luce è fatta di fotoni: il fotone è allo stesso tempo un quanto di energia ed un elemento di informazione. Quindi l'interazione fra luce e materia può essere utilizzata per ottenere energia o per elaborare informazioni. Questo è esattamente quanto avviene in natura, dove la luce solare viene utilizzata nel processo di fotosintesi per ottenere i prodotti dell'agricoltura (cioè energia per la vita), e nei processi collegati alla visione per ottenere informazioni sul mondo che ci circonda. Con processi fotochimici artificiali, cioè con materia non vivente, gli scienziati si propongono di utilizzare il duplice aspetto energetico ed informatico della luce (fig. 5): da un lato per produrre, mediante la luce solare, energia elettrica o combustibili (cioè

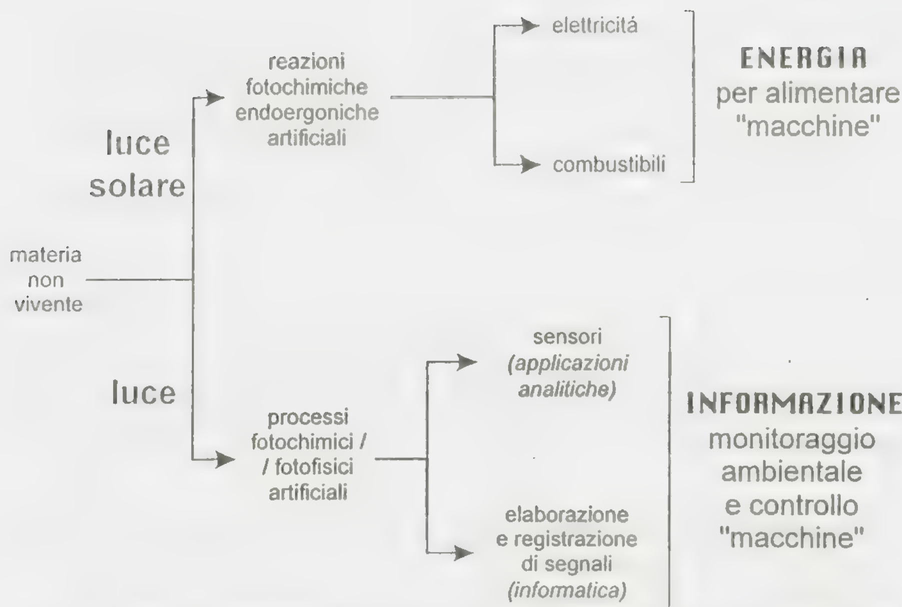


Figura 5 - Obiettivi della Fotochimica artificiale sono la conversione dell'energia solare in forme di energia più utili all'uomo e l'utilizzo di segnali luminosi per scopi analitici od informatici.

energia per le "macchine"); dall'altro, per costruire sensori o elaboratori di segnali (cioè per ottenere informazioni sull'ambiente o elaborare segnali per il controllo delle "macchine").

6. Fotochimica e Energia

6.1. *La conversione della energia solare*

La più grande industria sulla terra è, paradossalmente, l'agricoltura. Le piante si possono infatti considerare come "fabbriche" chimiche dove materie prime facilmente reperibili e di basso costo (acqua e anidride carbonica) sono trasformate in prodotti ad alto contenuto energetico e di grande pregio (zuccheri, amidi, ecc.) che direttamente, o dopo la loro trasformazione in combustibili fossili, forniscono all'uomo cibo ed energia. L'agricoltura, quindi, è una "industria" del tutto speciale: anziché consumare combustibili, li produce utilizzando la luce del sole, fonte energetica gratuita ed inesauribile.

Il processo chimico che effettua nelle piante la trasformazione di acqua e anidride carbonica in combustibili (e ossigeno) è chiamato *fotosintesi*: un processo che opera in natura da almeno due miliardi di anni e che oltre a mantenere la vita sulla terra ha permesso l'accumulo, nelle ere geologiche, di enormi riserve di petrolio, gas naturale e carbone. Nell'ultimo secolo, tuttavia, si è avuto un radicale cambiamento nella vita dell'uomo, con lo sviluppo di una civiltà basata su strutture (industrie, trasporti, riscaldamento, ecc.) che divorano energia a ritmo vertiginoso. Di conseguenza, la quantità di combustibili prodotta oggi giorno dalla fotosintesi non è più sufficiente a coprire i consumi, e l'uomo ricorre allo sfruttamento delle riserve di energia (combustibili fossili) prodotte dalla fotosintesi nelle ere passate. Si può dire che, dal punto di vista energetico, la nostra civiltà è dipendente dal passato e non ha un futuro, a meno che non si provveda, prima che le scorte di combustibili siano esaurite, a trovare soluzioni adeguate. Un uso esteso dell'energia nucleare da fissione non è realizzabile per ben note ragioni di sicurezza e di inquinamento ambientale, mentre le speranze basate sulla fusione nucleare rimangono tali (o forse si affievoliscono) al passare di ogni decennio [4].

Un logico tentativo di soluzione del problema energetico, come per primo ha indicato Giacomo CIAMICIAN [5], professore di Chimica all'Università di Bologna agli inizi del secolo, è cercare di utilizzare in modo più efficiente l'enorme quantità di energia luminosa che viene dal sole. La quantità di energia solare che arriva sulla terra è infatti diecimila volte maggiore a quella attualmente necessaria all'intera popolazione del mondo. La quantità di energia solare che cade sulle sole strade degli Stati Uniti è più del doppio del consumo mondiale di petrolio e carbone. Oltre che estremamente abbondante, l'energia solare è anche gratuita, inesauribile, ben distribuita e non inquinante.

Migliorare ed estendere l'agricoltura è certamente utile, ma non può che rappresentare una soluzione molto parziale: l'agricoltura, infatti, è efficiente solo dove c'è terra buona e clima adatto, e necessita inoltre di fertilizzanti e di molto lavoro manuale o meccanico. Per utilizzare appieno l'energia solare bisogna quindi trovare altre soluzioni.

La vita di ogni giorno ci dimostra che l'energia è maggiormente utile all'uomo quando si presenta in forma concentrata, immagazzinabile e trasportabile. L'energia solare, per contro, è una forma di energia a bassa densità, non trasportabile, non immagazzinabile, intermittente. Per utilizzarla è quindi necessario convertirla in altre forme di energia. I quattro metodi fondamentali per convertire l'energia solare sono i seguenti: 1) conversione in *calore a bassa temperatura*: si può compiere molto facilmente, ad esempio scaldando con i raggi solari un liquido contenuto

in un recipiente; 2) conversione in *calore ad alta temperatura*: richiede la concentrazione dei raggi solari, mediante un campo di specchi, su una caldaia dove un liquido viene portato all'ebollizione; 3) conversione in *energia elettrica*, mediante le cosiddette celle solari, attualmente usati e per applicazioni in luoghi isolati o che necessitano di piccole quantità di energia; 4) conversione in *energia chimica* (*combustibili*), mediante reazioni fotochimiche come accade nel processo fotosintetico naturale.

Tutti questi metodi possono essere utili, ma è interessante sottolineare le diverse caratteristiche. Il calore a bassa temperatura non è una forma concentrata di energia e non può essere né immagazzinato né trasportato. Può essere utile per scaldare acqua ad uso domestico e per poco altro. Il calore ad alta temperatura è una forma di energia concentrata più utile della precedente in quanto si può convertire facilmente in energia meccanica; però non può essere né immagazzinato né trasportato. L'energia elettrica è una forma di energia ad alto pregio, concentrata e trasportabile, ma non immagazzinabile. L'energia chimica (combustibili) è la forma più utile di energia: molto concentrata, facilmente trasportabile e facilmente immagazzinabile. Il metodo della conversione fotochimica è quindi, in linea di principio, quello più interessante per utilizzare l'energia solare. Come abbiamo visto è proprio questo metodo che la natura ha scelto nell'evoluzione per sostenere la vita. Ma abbiamo anche visto che il processo fotochimico naturale, la fotosintesi, non è più sufficiente a soddisfare i bisogni energetici dell'umanità. Viene allora spontanea una domanda: è possibile inventare una *fotosintesi artificiale*, più efficiente e più semplice della fotosintesi naturale, per produrre combustibili utilizzando l'energia solare? Molti scienziati pensano che a questa domanda sia ormai possibile dare una risposta sostanzialmente affermativa [6].

6.2. *Verso una fotosintesi artificiale*

Lo studio del processo fotosintetico naturale ha fatto capire che un sistema fotochimico, per funzionare, deve essere costituito da molecole che hanno proprietà particolari e che vanno assemblate in modo appropriato. La chiave di tutto è infatti una perfetta organizzazione del sistema nelle dimensioni dello spazio (le distanze fra molecola e molecola sono un fattore determinante), del tempo (alcune reazioni devono essere molto più veloci di altre e devono avvenire in tempi estremamente brevi, dell'ordine del picosecondo), e della *energia* (ogni stadio del processo può avvenire solo se viene utilizzata una parte dell'energia fornita dai fotoni) [2,8].

Carpiti questi segreti al processo fotosintetico naturale, gli scienziati

sono al lavoro per creare sistemi fotosintetici artificiali. Il metodo consiste nel sintetizzare molecole capaci ciascuna di compiere una funzione specifica (assorbire la luce; trasferire energia; trasferire un elettrone; ecc.) e poi nel collegare queste molecole in una sequenza opportuna. Il lavoro degli scienziati si può schematicamente paragonare al "gioco" di un bambino che deve costruire una casa usando i pezzi contenuti in una scatola di LEGO. Oggi gli scienziati sanno quali caratteristiche devono avere i singoli pezzi e come questi pezzi debbono essere assemblati; ma i pezzi a disposizione sono ancora pochi, molto costosi, e non sempre si incastrano nel modo voluto. C'è quindi molto lavoro da fare, ma anche tanto entusiasmo perché si è consapevoli che da queste ricerche, così interessanti dal punto di vista fondamentale, potrebbe venire la soluzione del problema energetico.

Il primo obiettivo concreto che si propongono gli scienziati è la costruzione di congegni nanometrici per ottenere con luce solare una separazione di carica. Nella sua essenzialità, questo congegno deve essere costituito da un sistema antenna, che contiene un gran numero di molecole, collegato a un centro di reazione fatto di almeno tre componenti (fig. 6). Un simile dispositivo artificiale può essere usato come fotosensibilizzatore sia di elettrodi semiconduttori in sistemi fotoelettrochimici per convertire la luce solare in energia elettrica [7, 8], sia in linea di principio (ma con molte maggiori difficoltà) in sistemi per la scissione fotochimica dell'acqua [8].

Il gruppo di fotochimica del Dipartimento di Chimica "G. Ciamician" dell'Università di Bologna, in collaborazione con gruppi delle università di Messina e di Pisa, sta interessandosi della parte "antenna" di questi congegni. Si tratta di sintetizzare sistemi supramolecolari capaci di assorbire con alta efficienza la luce solare e convogliare la risultante energia in una direzione predeterminata. Dopo aver studiato per anni in modo sistematico le proprietà di composti chimici contenenti metalli [9], si è riusciti ad individuare quali di questi composti hanno le caratteristiche adatte per essere usati come componenti di antenne artificiali. Utilizzando la strategia "dal basso" menzionata in precedenza, si è riusciti a costruire, assemblando un gran numero di unità molecolari, strutture contenenti anche 22 [10] e 46 [11] complessi metallici. Perché una struttura supramolecolare possa svolgere la funzione di antenna, è necessario che i singoli componenti non siano tutti uguali, e soprattutto che non siano disposti a caso, ma secondo sequenze ben precise. Si usano allora blocchi contenenti metalli diversi o leganti diversi, assemblandoli secondo un ordine prestabilito. In questo modo si può creare nel sistema un gradiente, così che l'energia viene convogliata in direzioni prestabilite.

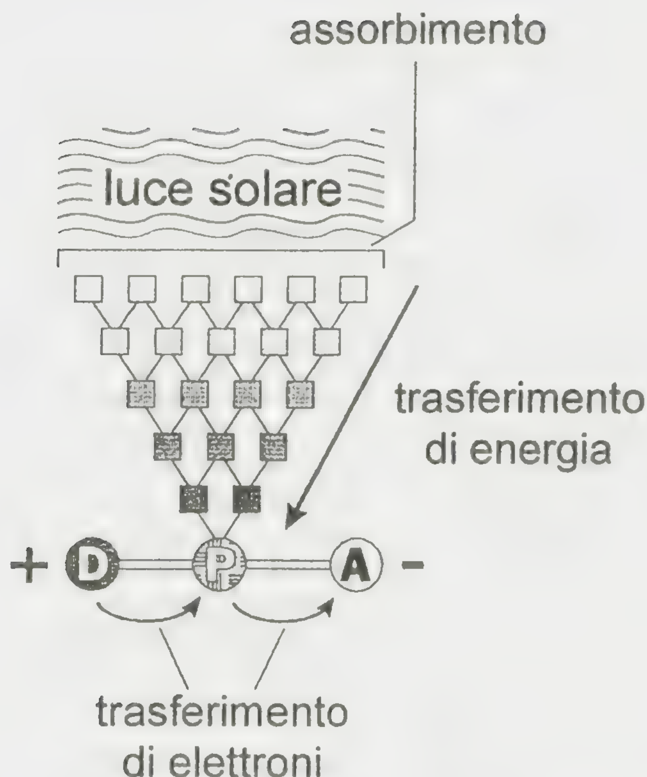


Figura 6 - Rappresentazione schematica di un congegno molecolare artificiale per ottenere una separazione di carica ad opera della luce.

7. Fotochimica e Informazione

Come accennato in precedenza, in natura la luce è usata non solo come fonte di energia, ma anche come mezzo per ottenere informazioni. La Fotochimica come scienza si occupa, allora, di chiarire quali sono i meccanismi attraverso i quali si può sfruttare questa proprietà della luce.

Parlando in modo molto generale, possiamo dire che attraverso i processi fotochimici si può *leggere* quello che sta succedendo nella materia o *scrivere* sulla materia (fig. 7). Diciamo che la luce "legge" quando le proprietà dello stato eccitato, e quindi i suoi segnali, sono modificati da sostanze chimiche presenti nell'ambiente circostante. La luce "scrive" sulla materia quando, attraverso la formazione di uno stato

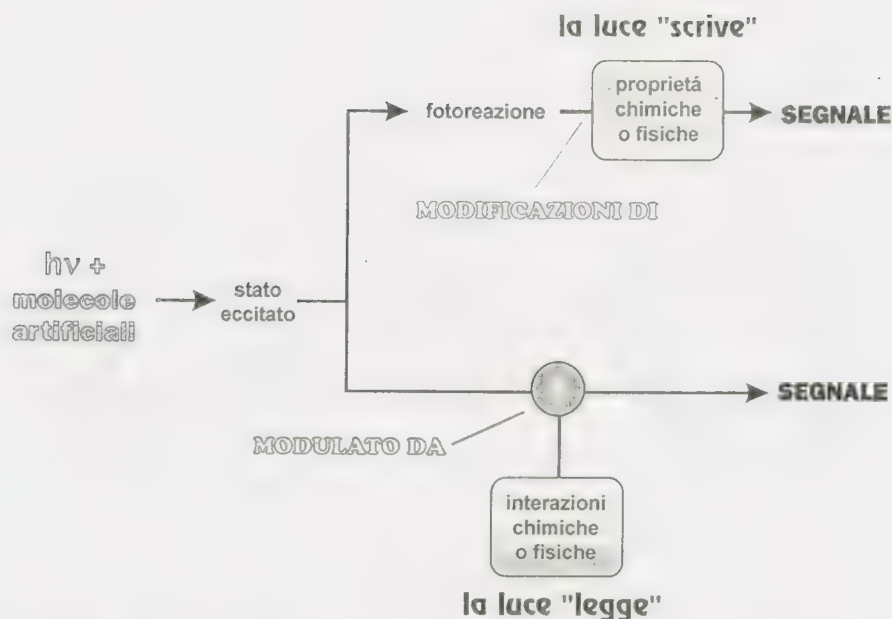


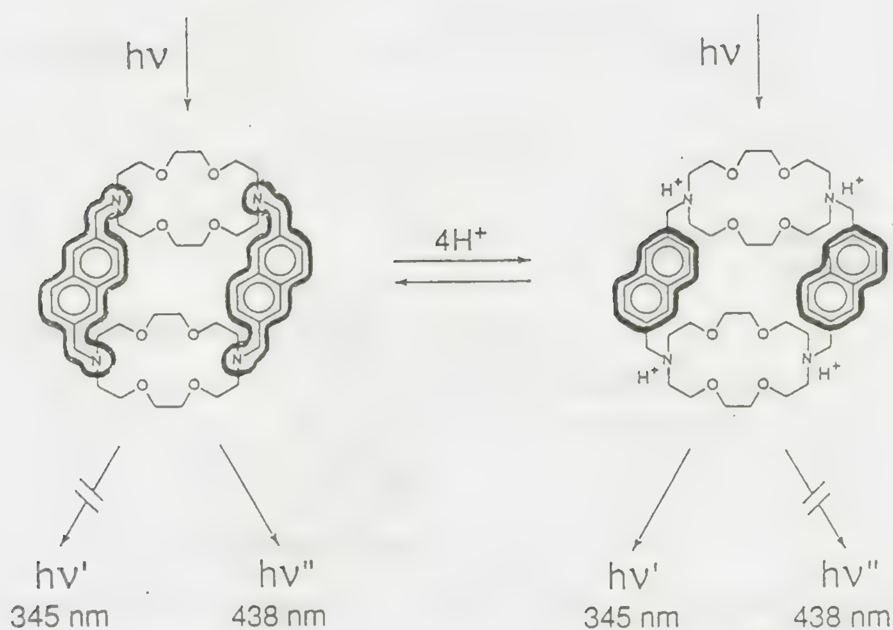
Figura 7 - Mediante la luce si può "scrivere" sulla materia o "leggere" lo stato della materia [8].

eccitato, causa una reazione chimica che modifica qualche proprietà della materia (ad esempio, il colore).

7.1. *La luce "legge"*

Facciamo un semplice esempio. Se una soluzione contenente la molecola mostrata in fig. 8 viene interrogata con un opportuno fascio di luce, la risposta che si ottiene con misure di fluorescenza è diversa a seconda che la soluzione contenga o non contenga un acido: emissione non strutturata con un massimo a 438 nm se nella soluzione non c'è acido, emissione strutturata con un massimo a 345 nm se invece in soluzione è presente acido [13]. Al giorno d'oggi c'è una grande varietà di sensori di questo tipo, specialmente per monitorare le concentrazioni di ioni di importanza biologica (ad esempio, il Ca^{2+} [14]).

Molto interessante è il fatto che, seguendo questi principi, si possono eseguire *operazioni logiche* [8,15,16]. Consideriamo, ad esempio (fig. 9) il sistema supramolecolare M_1-P-M_2, creato in modo tale che P, in sé luminescente, perde questa sua caratteristica quando è collegato a M_1 e M_2; cioè M_1 e M_2, in seguito a reazioni di trasferimento elet-



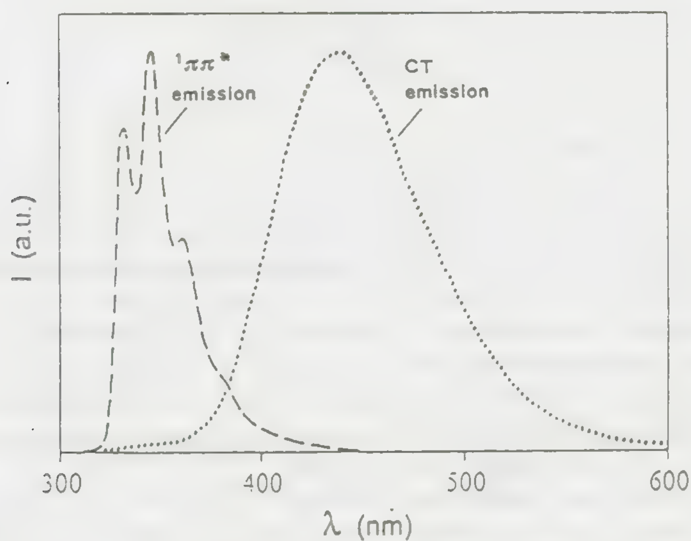


Figura 8 - La luce "legge": esempio di una molecola il cui segnale di fluorescenza viene modificato dalla presenza di acidi [13]

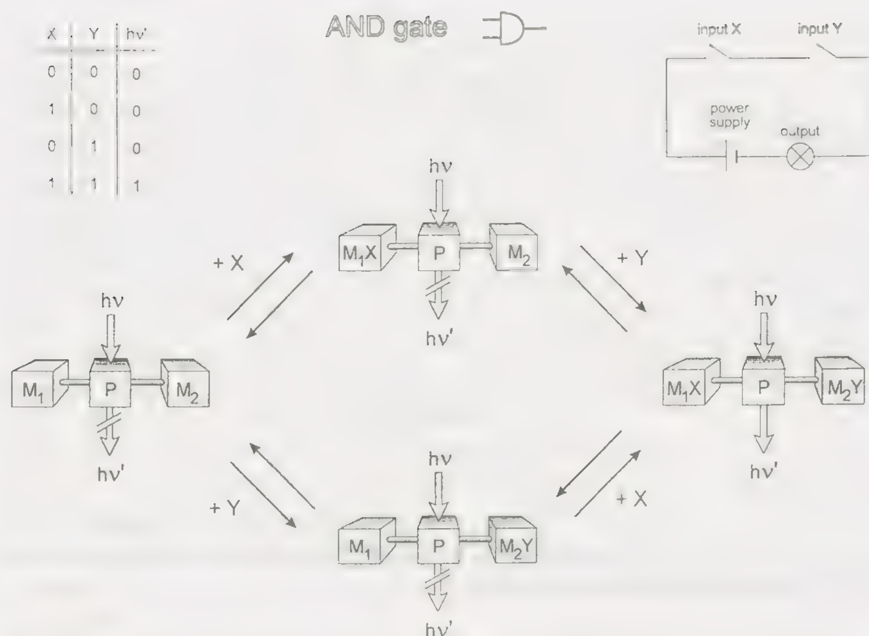


Figura 9 - L'interazione fra luce e materia si può utilizzare per costruire sistemi luminescenti capaci di eseguire operazioni logiche. Il sistema schematizzato si comporta da "porta" AND.

tronico, "spengono" la luminescenza di P. Se però l'interazione fra P e M_1 e M_2 viene annullata, introducendo appositamente adatte sostanze chimiche in grado di reagire sia con M_1 che con M_2, la luminescenza di P viene riattivata. Questo sistema si comporta quindi come una "porta" logica AND. Un sistema supramolecolare che presenta queste caratteristiche è mostrato nella fig. 10 [16]: il ruolo di P è giocato da un derivato dell'antracene, quello di M_1 e M_2 da un gruppo aminico e da un etere corona, le cui reazioni di trasferimento elettronico a P (che provocano lo spegnimento della luminescenza) sono impedite rispettivamente da un protone e uno ione sodio.

È anche possibile costruire sistemi che danno risposte logiche OR o risposte multiple.

7.2. *La luce "scrive"*

L'esempio più ovvio dell'ottenimento di informazioni attraverso la luce che "scrive" è il processo fotografico, scoperto empiricamente

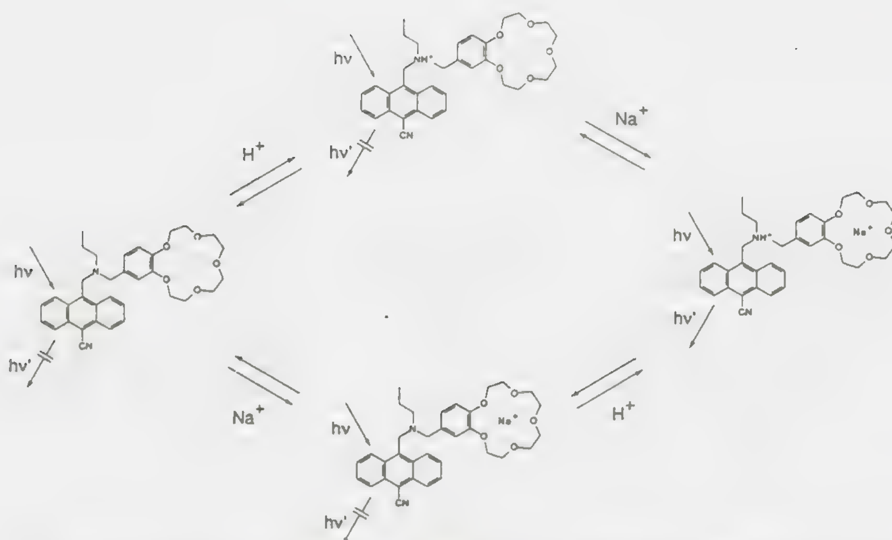


Figura 10 - Un sistema supramolecolare capace di svolgere la funzione di porta AND schematizzata nella fig. 9 [16].

molto prima che la Fotochimica diventasse una scienza. Negli ultimi anni le tecniche di scrivere con la luce sulla materia (e anche di cancellare mediante la luce elementi di informazione precedentemente scritti) hanno ricevuto un forte impulso. Le sostanze fotocromiche [17], cioè composti che possono esistere come isomeri diversamente colorati convertibili mediante la luce



$$\text{A (ad es., rosso)} \xrightarrow{h\nu} \text{B (ad es. verde)}$$

avevano già richiamato l'attenzione di Giacomo CIAMICIAN come mezzo di comunicazione sociale [5]: "Le sostanze fotocromiche possono essere utilizzate con grande effetto... Per esempio il vestito di una signora, preparato con sostanze fotocromiche, cambierebbe colore a seconda della intensità della luce: l'ultima parola in fatto di moda per il futuro". CIAMICIAN, tuttavia, non poteva prevedere l'uso della logica binaria, intrinseca nelle sostanze fotocromiche, per processare e immagazzinare informazioni, e neppure l'uso dei laser, con i loro fasci di luce monocromatici, intensi e ben collimati, come congegni di scrittura [18].

8. Conclusione

Creando in continuazione nuovi materiali e nuove funzioni, la Chimica si presenta come uno dei principali protagonisti della rivoluzione scientifica e tecnologica che sta cambiando la nostra vita e ancor più cambierà la vita dei nostri figli. L'interazione fra luce e materia (Fotochimica) gioca un ruolo fondamentale a questo riguardo.

Oggi è consapevolezza comune che ogni scoperta scientifica genera più domande di quelle a cui dà risposta e che la ricerca scientifica non si deve, e d'altra parte neppure si può fermare. Dobbiamo però ben vigilare affinché la scienza e la tecnologia siano usate per il progresso dell'umanità e non per la sua rovina, per il bene di tutti e non per il privilegio di pochi, per conservare le risorse naturali e non per distruggerle, per la pace e non per la guerra.

Gli uomini di scienza hanno una particolare responsabilità a questo riguardo. Essi sanno bene che con un computer si può controllare la sala di rianimazione di un ospedale o le batterie di missili di un incrociatore. Nessuno potrà rimproverare agli scienziati di aver inventato il computer solo se essi si batteranno perché ci siano più ospedali e meno incrociatori.

BIBLIOGRAFIA

[1] (a) Campagna S., Denti G., Serroni S., Ciano M., Juris A. & Balzani V., (1992), *Inorg. Chem.*, **31**, p. 2982.

(b) Denti G., Campagna S. & Balzani V. (1994), in *Mesomolecules: from Molecules to Materials* (Eds.: D. Mendenhall, A. Greenberg & J. Liebman), Champman and Hall, New York, p. 69.

[2] Balzani V. & Scandola F. (1991), *Supramolecular Photochemistry*, Horwood, Chichester.

[3] (a) Turro N.J. (1978), *Modern Molecular Photochemistry*, Benjamin, Menlo Park.

(b) Balzani V. & Carassiti V. (1970), *Photochemistry of Coordination Compounds*, Academic Press, London.

(c) Gilbert A. & Baggott J. (1991), *Essential of Molecular Photochemistry*, Blackwell, Oxford.

[4] Lawler A. (1995), Science, **267**, p. 165.

[5] Ciamician G. (1912), Science, **36**, p. 385.

[6] BALZANI V., MOGGI L., MANFRIN M.F., BOLLETTA F. & GLERIA M. (1975), Science, **189**, p. 852.

[7] O'REAGAN B. & GRAETZEL M. (1991), Nature, **353**, p. 737.

[8] (a) BALZANI V. & SCANDOLA F., in *Comphrehensive Supramolecular Chemistry*, D.N. REIHNHOUDT, Ed., Pergamon Press, Oxford, Vol. 10, in press.

(b) BALZANI V., CREDI A. & SCANDOLA F. (1994), in *Transition Metal Ions in Supramolecular Chemistry*, L. FABRIZZI, Ed., Kluwer, Dordrecht, p. 1.

[9] (a) JURIS A., BALZANI V., BARIGELLETTI F., CAMPAGNA S., BELSER P. & VON ZELEWSKY A. (1988), Coord. Chem. Rev., **84**, p. 85.

(b) BALZANI V., BARIGELLETTI F. & DE COLA L. (1990), *Topics in Current Chemistry*, **158**, p. 31.

[10] SERRONI S., DENTI G., CAMPAGNA S., JURIS A., CIANO M. & BALZANI V. (1992), Angew. Chem. Int. Ed. Engl., **31**, p. 1493.

[11] Risultati non pubblicati del nostro laboratorio.

[12] (a) SERRONI S., DENTI G., CAMPAGNA S., CIANO M. & BALZANI V. (1991), J. Chem. Soc. Chem. Commun., p. 944.

(b) DENTI G., CAMPAGNA S., SERRONI S., CIANO M. & BALZANI V. (1992), J. Am. Chem. Soc., **114**, p. 2944.

[13] BALLARDINI R., BALZANI V., CREDI A., GANDOLFI M.T., KOTZYBA-HIBERT F., LEHN J.-M. & PRODI L. (1994), J. Am. Chem. Soc., **116**, p. 5741.

[14] TSIEN R.J. (1994), Chem. Eng. News, July, **18**, p. 34.

[15] DE SILVA A.P. & MCCOY C.P. (1994), Chem. Ind., p. 992.

[16] DE SILVA A.P., GUNARATNE H.Q.N. & MCCOY C.P. (1993), Nature, **364**, p. 42.

[17] DÜRR H. & BOUAS-LAURENT H. (1990), *Photochromism: Molecules and Systems*, Eds., Elsevier, Amsterdam.

[18] MASUHARA H. (1992), Pure Appl. Chem., **64**, p. 1279.

Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 75-86.

La terra e la storia

Ideologia e metodologia di ricerca e di comunicazione per ricostruire in maniera integrale la storia dell'Uomo

Giorgio GULLINI(*)

Il titolo che ho scelto per questa comunicazione coincide con quello che sarà dato ad una Mostra programmata per l'anno venturo, a Torino. Essa, grazie all'impegno della Regione Piemonte e alla collaborazione scientifica della Soprintendenza alle Antichità, è destinata a costituire l'introduzione del nuovo Museo di Antichità di Torino, con il duplice intento di presentare l'aggiornata lettura del territorio piemontese come fonte di storia, che nel Museo viene offerta al pubblico, e, nello stesso tempo di illustrare le metodologie più avanzate, di cui la scienza archeologica oggi dispone, per raccogliere e interpretare, nella maniera più completa ed esauriente, tutte le testimonianze sul passato dell'uomo offerte dalle tracce dei suoi insediamenti succedutisi nei tempi.

1. Introduzione sulla storia delle vicende insediative dell'uomo nel territorio piemontese

Primo obiettivo è la dimostrazione di come la scoperta e la tutela di manufatti, prodotti dell'attività e strumenti della volontà di comunicazione di passate società umane, non possono essere guidate dalla casualità di un evento occasionale e fortuito, ma debbono essere derivate dall'indagine sistematica e dal corretto sfruttamento di quella esclusiva riserva di testimonianze dell'attività dell'uomo sulla Terra, dal suo primo apparire, che è il territorio. Nei livelli superficiali di esso si accumulano gli "scarti" prodotti dalla vita e dall'operosità di ogni individuo della specie, rapportabili e connessi all'organizzazione della società a cui esso appartiene, che si forma, si sviluppa e si insedia in

(*) Accademia delle Scienze di Torino; ordinario di Archeologia e Storia dell'Arte Greca e Romana, Università di Torino. Conferenza tenuta il 1° Marzo 1995.

funzione dello sfruttamento e della rinnovabilità delle risorse naturali che sono indispensabili alla vita dell'uomo.

Nello stesso tempo, il territorio costituisce il supporto fisico su cui la vita e l'attività di ogni individuo della specie umana si svolge e si articola, con la coscienza dei limiti e dei tramiti che esso pone e che determinano la nascita della consapevolezza di quella fondamentale categoria dell'essere, dell'agire, del produrre e del comunicare che è lo spazio.

In questa chiave si pensa di offrire al pubblico una sintesi delle vicende insediative e della presenza dell'uomo sul territorio piemontese, dalle età più remote all'alto medioevo, così da introdurre il visitatore, sia all'indagine più analitica condotta per il campione presentato (area del Cuneese) — frutto delle ricerche e degli studi condotti per la nostra Mostra — sia alla presentazione organica dei materiali relativi a tutto il territorio piemontese, secondo il programma del nuovo Museo di Antichità.

A tal fine sarà realizzato un mosaico, a scala 1:250 000, delle immagini satellitari (con un "merge" Landsat-SPOT) di tutto il territorio piemontese, adeguatamente georeferenziate per le esigenze della scala. In esse saranno collocati [evidenziati con *led* di colori diversi] i sistemi insediativi che si sono succeduti, nei tempi, sul territorio. Quando parliamo di sistemi insediativi intendiamo riferirci a tutte le manifestazioni concrete e materiali che traducono in realtà di uso e di sfruttamento di risorse la volontà dell'uomo di stanziarsi in una determinata area per abitarvi, ma soprattutto per ricavarne i mezzi di sussistenza.

Di ciascuno di tali sistemi sarà offerta una più analitica spiegazione e illustrazione adeguata, attraverso analoghe immagini per aree, a scala 1 100 000, dividendo naturalmente per quadranti, l'intera area regionale. In tali immagini confluiranno tutti i dati "pregressi", raccolti e catalogati nella schedatura che, negli ultimi anni, è stata compiuta dalla Soprintendenza, con l'apporto della Regione e in collaborazione con il CSI.

La presentazione, realizzata attraverso adeguati e stimolanti strumenti didattici, sarà vivificata e verificata, al tempo stesso, dall'esposizione di un certo numero di manufatti significativi per ciascun contesto illustrato.

L'obiettivo è quello di permettere al visitatore di comprendere il passaggio dalla morfologia dell'impianto, primo documento acquisito, alla ricostruzione del contesto culturale, cioè della presenza umana che su quell'impianto viveva. Il recupero del contesto culturale servirà a dimostrare al visitatore come i complessi riconosciuti, pur nei loro

apparenti limiti, partecipino alla costruzione della storia del nostro Paese e, di conseguenza, per la parte che hanno svolto, della società umana più in generale.

2. La storia del Cuneese, dalla Preistoria all'alto Medioevo, attraverso lo studio sistematico del territorio

È la parte più significativa della Mostra: il modello di un'indagine sistematica del territorio, attuata con l'apporto delle più avanzate tecnologie, appunto, per soddisfarla. Esse infatti permettono di acquisire tutte le informazioni superstiti, accumulatesi sul terreno, relative alle passate presenze umane che su di esso si sono succedute. Sarà il primo esempio di presentazione al pubblico, sotto forma di offerta museologica, dei risultati di un modello di simili indagini, finora rimaste sempre limitate alla divulgazione attraverso studi e pubblicazioni scientifiche, quindi a circolazione circoscritta agli addetti ai lavori; e, per certe applicazioni avanzate, qui utilizzate, non note nemmeno a tutti gli addetti ai lavori.

La scelta di quest'area, come campione di uno studio che potrebbe, nei prossimi anni essere esteso a tutto il Piemonte, è stata guidata dal desiderio di approfondire una circostanza che emerge già dalle tradizionali conoscenze, fondate, soprattutto, sui resti da sempre evidenti e fino ad oggi scoperti e sulla loro illustrazione specialmente alla luce delle fonti letterarie, nel senso più ampio del termine. Non si conoscono, infatti, nel Piemonte occidentale, città da considerare il corrispettivo di quelle che, per altro, negli altri quadranti della Regione, sono soprattutto fondazioni coloniali romane, come, oltre Torino, Ivrea, Susa, Aosta, Benevagenna.

L'area del Cuneese da studiare sistematicamente doveva allora includere una città come Benevagenna e un territorio con relativamente numerose testimonianze di antiche presenze umane, di diverse epoche, ma senza emergenze spettacolari e, soprattutto, senza nessun indizio di strutture che ci permettano di parlare, fino alle soglie del Medioevo, di insediamenti a cui si possa attribuire la qualifica di urbani.

Lo studio di questo Piemonte — che è corretto e opportuno definire "pagano" nel senso cioè che i suoi abitanti vivevano in "*pagi*", il termine latino per "villaggi" — è stata ritenuta l'occasione migliore per dimostrare come dalla terra si possa ricostruire la storia dell'uomo anche quando mancano spettacolari testimonianze che suscitino l'interesse per tale ricostruzione, quelle testimonianze che hanno sempre attratto per le loro dimensioni, per il loro valore estetico, o per la distanza di tempo

dall'attuale, cioè i tradizionali requisiti del "manufatto archeologico".

È una microstoria che, attraverso la sintesi di più esempi, articolati nel tempo e nello spazio, si traduce in un capitolo importante della storia dell'uomo. Il recupero integrale di queste microstorie per l'area indagata e la dialettica tra il recupero di queste e la ricostruzione di quella, sono il sostanziale tema del progetto espositivo della Mostra e il contenuto della sua concreta realizzazione attraverso materiali e strumenti della comunicazione.

Entrambi, recupero e dialettica, saranno spiegati al visitatore attraverso i metodi operativi per acquisire i documenti in maniera integrale ed esaustiva e attraverso l'interpretazione "olistica" del dato, cioè che deve dare tutto quello che è possibile oggi ricavare dal documento recuperato.

Il visitatore potrà così giungere al recupero del quadro culturale e produttivo, nonché delle condizioni di vita, di quelle società che sul territorio indagato e illustrato si sono succedute, con un processo, fondato su oggetti, immagini e altri sussidi audiovisivi, che non gli verrà asetticamente imposto da una astrusa, come spesso, descrizione esplicativa, ma che lo chiamerà ad essere partecipe del percorso razionale che muove dal recupero del dato fino al suo pieno utilizzo in una ricostruzione.

In questa si evidenziano i tratti di una comune umanità, nella misura in cui dal territorio e dall'oggetto si è arrivati fino al contesto sociale, si è, perciò, assicurata la soddisfazione del bisogno relazionale dell'uomo.

Questo bisogno è tanto più sentito verso coloro la cui esperienza si è conclusa e quindi può illuminarci sul buio del futuro, attraverso esperienze che appartengono sempre alla nostra specie.

Questa sezione della Mostra si aprirà con l'illustrazione, la più piana e la più accattivante, delle metodologie dello "studio sistematico del territorio", come è stata definita la procedura di indagine che si impegna ad acquisire, in maniera integrale e attraverso una interpretazione la più completa possibile, tutte le informazioni disponibili su passate presenze umane nell'area indagata, tratte da quel grande contenitore di tutti i resti lasciati dall'uomo, e, nello stesso tempo, supporto dell'organizzazione spaziale della cultura, che è il territorio.

La metodologia parte dalla lettura, elaborazione e interpretazione di immagini multispettrali e multitemporali, da piattaforme orbitali, aeree, da bassa quota, debitamente georeferenziate, soprattutto mediante posizionatori satellitari (GPS). Questa è espressione per gli addetti ai lavori: nella Mostra verrà spiegata analiticamente e semplicemente.

Anzitutto l'importanza della quota della piattaforma per avere sintesi

più o meno estese del territorio indagato e, quindi, dei sistemi insediativi umani che vi si sono succeduti.

Sarà poi ben spiegata, con sussidi didattici visuali, la differenza tra una fotografia e un'immagine multispettrale e tra energia riflessa ed emessa, in modo che risulti chiaro che le osservazioni di forme fatte sulle immagini non sono il risultato di una interpretazione dell'operatore, ma il manifestarsi di un fenomeno espresso attraverso quantità che possono essere riprodotte, sia in maniera analogica, cioè in scala di grigi sull'immagine, sia in maniera analitica, cioè di misure numeriche, e conseguentemente elaborate per accertarne meglio le caratteristiche e la consistenza.

Il secondo passo sarà il confronto tra la restituzione topografica, in scala adeguata alla risoluzione dell'immagine, strettamente proporzionale alla sua quota, ed il sistema informativo territoriale ottenuto dalla esatta localizzazione di tutti i dati pregressi, con l'individuazione dell'orientamento di ogni traccia; in quanto è questo l'elemento che possiamo considerare il vero "fossile guida" della logica generatrice del sistema insediativo.

Questo confronto è la base per la ricostruzione delle vicende insediative sul territorio essenzialmente come morfologia di impianti e di logiche progettuali tendenti a rispondere a determinate esigenze di localizzazione e di uso delle risorse. L'interpretazione esaustiva dei manufatti che i sistemi insediativi hanno offerto, o possono offrire, consente di cominciare a parlare di contesti culturali, cioè di organizzazioni che producono e comunicano e che possiamo individuare nelle loro prerogative e aspirazioni.

Per giungere a questo tipo di recupero — e quindi ai dettagli delle singole componenti il sistema insediativo, cioè i gangli degli orizzonti culturali — è necessario che il nostro studio sistematico raggiunga scale molto grandi e che quindi si avvalga di strumenti che possono consentire questa analisi a grande risoluzione. Questi strumenti sono riservati alle parti del territorio particolarmente "indiziate" dalle precedenti osservazioni e sono:

— le scannerizzazioni termiche e riprese fotogrammetriche interfacciate, da molto bassa quota;
— le prospezioni geofisiche;
— le prospezioni meccaniche.

Le scannerizzazioni termiche e riprese fotogrammetriche da bassa quota sono una metodologia ideata e messa a punto dal Centro Scavi di Torino, proprio per soddisfare le esigenze di cui si parlava; la loro illustrazione e le dimostrazioni di immagini e di documenti operativi potrà aiutare a trasmettere al pubblico, in forma "amicale", il significato

e la finalizzazione di tutta la procedura che parte dai satelliti, cioè da qualcosa che per il grande pubblico fa ancora parte della fantascienza, ma che, alla fine, rientra nell'ambito di ciò che è direttamente sotto gli occhi di tutti.

L'operazione si fonda sull'impiego di un aereo ultraleggero (ULM) che può atterrare e decollare in spazi intorno ai 70 metri; con il suo motore a quattro tempi e la carlinga di vetroresina offre le migliori garanzie di sicurezza e di affidabilità operativa. È la piattaforma ideale, in quanto alla quota ottimale per le riprese termiche e fotogrammetriche, intorno a 200 metri, ha una velocità di stallo inferiore ai 70 km/h che permette di evitare ogni effetto "trascinamento" nelle immagini.

L'aereo è stato attrezzato collocando, al posto del passeggero, un cestello in fibra di vetro che contiene gli strumenti e le apparecchiature per le riprese. Questi sono:
— una camera metrica (o una semimetrica, nel caso non siano essenziali assai spinte precisioni di restituzione);
— una termocamera, lo scanner termico, per acquisire immagini nel lontano infrarosso (12-14 micron);
— una telecamera a colori ad alta risoluzione per acquisire immagini digitali, nel visibile, di alta qualità;
— due telecamere normali che hanno lo stesso campo di ripresa rispettivamente della camera fotogrammetrica e di quella termica.

Le immagini acquisite sono teletrasmesse ad una stazione di controllo a terra ove vengono registrate per le ulteriori elaborazioni. La stazione di controllo contiene il *monitor* per seguire le riprese fotogrammetriche, quello per seguire le immagini termiche, un terzo per visualizzare la rotta effettiva dell'aereo, rilevata, in tempo reale, da un GPS *pathfinder* a bordo, e controllarla con la rotta prevista dal piano di volo, in modo da garantire la piena copertura, con immagini, della porzione di territorio indagata.

La stazione di controllo, montata, per le operazioni di campagna, su una roulotte, comprende anche i *display* di una piccola stazione meteorologica per seguire e registrare temperatura del terreno, temperatura e umidità nell'aria, velocità e direzione del vento nella zona delle riprese. Sono dati fondamentali per il controllo della saturazione delle immagini termiche, che si effettua con telecomando sulla termocamera, e poi, in sede di elaborazione e interpretazione delle stesse immagini.

Praticamente la stazione di controllo a terra, che richiede due operatori, uno per seguire le riprese fotogrammetriche, l'altro per controllare la qualità ottimale di quelle termiche, costituisce il vero cervello dell'operazione e la sede ove si assicura l'acquisizione dei dati con la maggiore risoluzione.

Ci siamo soffermati a lungo su questa parte delle operazioni di studio sistematico del territorio non solo perché essa costituisce il frutto di una originale applicazione di ricerche tutte torinesi, ma anche perché pensiamo di simulare, in Mostra, la stazione di controllo mentre si riprendono le immagini di una zona del territorio cuneese e la successiva elaborazione e interpretazione delle stesse, che il visitatore potrà seguire attraverso grandi schermi.

Il più raffinato controllo sul terreno di quanto acquisito, sia attraverso le immagini, sia attraverso il sistema informativo dei dati pregressi, sia con l'analisi da bassa quota, è affidato alle prospezioni geofisiche. Esse consentono una conoscenza assai dettagliata di ciò che è contenuto nel terreno antropizzato, specialmente da quando, come negli ultimi anni, si è avviata e sviluppata una specializzazione della geofisica che si occupa dei livelli più superficiali del nostro pianeta, cioè di quelli che contengono le tracce della presenza dell'uomo.

I risultati delle misure, secondo le diverse metodologie, che non possiamo illustrare in questa sede, opportunamente elaborati al calcolatore, permettono di costruire mappe geofisiche delle aree prospettate. Queste, attraverso le coordinate topografiche, possono essere molto proficuamente interfacciate con le elaborazioni a grande scala delle immagini della stessa area riprese da ULM. Si può giungere così ad avere perfino l'organizzazione planimetrica di strutture sepolte.

Manca ancora su quanto acquisito dalle immagini, ogni controllo della giacitura stratigrafica delle informazioni. Essa può essere ottenuta attraverso le prospezioni meccaniche, cioè i "carotaggi indisturbati", un tipo di prospezione assai utile, anche se estremamente puntuale. Si tratta di una tecnologia diffusa nelle ricerche geologiche, soprattutto geotecniche, che consiste nel prelevare un campione del terreno in forma di una colonnina dai cinque ai trenta centimetri, e anche più, di diametro, secondo necessità, fino alla profondità desiderata per la ricerca.

Il metodo più consueto in ambito geologico è quello del prelievo mediante una corona tagliente — con denti di diversa durezza, fino al diamante, a seconda del tipo di terreno da campionare — che immette il campione, mano a mano che viene tagliato, entro un contenitore stagno, il cd. carotiere, dal quale viene poi rimosso in laboratorio per tutte le richieste analisi, quando si è completata la sezione del campionamento.

Il metodo presenta, però, alcuni problemi nei terreni antropizzati, che, a differenza dei livelli geologici, sono caratterizzati da una molto varia qualità, e conseguente durezza, degli strati attraversati. La corona troppo tenera non taglia il campione e quella troppo dura lo impasta, alterandone la natura e la stessa sequenza stratigrafica. La soluzione è stata

trovata nell'applicazione, ai prelievi in terreni antropizzati, della tecnologia del campionamento mediante congelamento del terreno, che in geotecnica è usuale per i prelievi in terreni assai incoerenti o fortemente impregnati d'acqua.

Con questa tecnica si ottengono colonne di terreno (congelate mediante la circolazione di azoto liquido in un tubo di piccola sezione preventivamente infilato al centro dell'area da campionare), fino ad un diametro di circa 50 cm, secondo il tempo in cui si continua a far circolare l'azoto nel tubo; le colonne sono estratte, sollevandole, dato che la stessa meccanica del congelamento le distacca dal terreno circostante.

Dopo l'esame stratigrafico del campione, le colonne vengono protette con fogli di alluminio e "ingessate", in modo che non si disgreghino al momento dell'evaporazione dell'azoto. Sono così trasportate in laboratorio, ove il loro esame procede con una vera e propria operazione di microscavo. Con questa non solo si recuperano i frammenti di manufatti connessi con i diversi paleosuoli attraversati o con gli strati di un insediamento, ma anche si prelevano i campioni per le possibili determinazioni cronologiche (carbonio 14, dendrocronologia, termoluminescenza, soprattutto) e per quelle relative all'"*archivio biologico*", cioè le tracce dell'uso dell'ambiente da parte dell'uomo e i resti fisici dell'uomo stesso.

Sfruttare l'archivio biologico significa procedere ad indagini palinologiche, paleobotaniche, paleozoologiche, antropologiche per recuperare, identificare e ricondurre all'originario contesto e funzione ambientale quanto rimane del mondo vegetale e animale, relativo a ciascun sistema insediativo individuato, che costituiva l'insieme delle risorse naturali sfruttate dagli occupanti l'insediamento.

A questo si deve aggiungere anche tutto ciò che ci è giunto dei resti fisici dei protagonisti di ciascun sistema insediativo, cioè degli uomini che vi hanno vissuto ed operato. Questi resti, a cominciare da quelli più frequentemente conservati e rinvenuti, le ossa, ci permettono oggi non solo di ricostruire l'aspetto morfometrico dei protagonisti della società che indaghiamo — e con le ricerche più avanzate addirittura la loro immagine — ma soprattutto le condizioni di vita dei singoli individui che sono una conseguenza certamente dello sviluppo culturale della collettività, ma anche il risultato di una dieta alimentare, di stress fisici per il lavoro e per condizioni generali di vita, nonché dei traumi occasionali o provocati, e infine delle malattie individuali o epidemiche. È un ambito assai importante di ricerche che assume significato se legato allo studio sistematico del territorio, che ne permette il completamento della necessaria storicizzazione.

Il procedere del nostro studio sistematico ci ha permesso, dapprima, di acquisire la sintesi dei sistemi insediativi che si sono succeduti nell'area indagata; abbiamo potuto mediante l'interfaccia con il sistema informativo dei dati pregressi recuperare la morfologia e la sequenza nel tempo di essi.

Ne è derivata l'individuazione dei manufatti costruiti e la conoscenza sistematica di tutte le "riserve" di scarti delle presenze umane (manufatti e tracce delle trasformazioni apportate dall'uomo all'ambiente) che sono i documenti della nostra interpretazione storica e la base per la ricostruzione degli orizzonti culturali che caratterizzano ciascun sistema insediativo.

L'utilizzo dell'archivio biologico in connessione con la morfologia e la sequenza dei sistemi insediativi e dei relativi orizzonti culturali ci consente di recuperare le singole società umane come produttrici di cultura e come organizzazioni di una collettività cui è assicurata la sopravvivenza ed una certa qualità della vita.

Questa procedura della ricerca sarà illustrata nella Mostra, per dare al visitatore piena coscienza del metodo di indagine e di interpretazione e soprattutto per condurlo, attraverso pannelli, diagrammi di flussi, strumenti e programmi di elaborazione, a divenire partecipe e, anche se aiutato e guidato, protagonista della ricostruzione storica che si illustra. Il visitatore deve sentirla, in tal modo, come soddisfazione del suo bisogno, più o meno chiaro, ma fondamentalmente presente nelle sue aspirazioni più profonde, di acquisire piena coscienza della sua identità.

Dalla illustrazione e invito alla partecipazione alle metodologie della ricerca il visitatore sarà condotto alle applicazioni sul territorio prescelto. Il tema fondamentale sarà rappresentato dalla spiegazione dell'incontrarsi ed integrarsi, o, meglio, confrontarsi, di due sistemi insediativi: quello urbano di Benevagenna e quello "pagano" del resto del territorio. Il primo, indubbiamente, dipende dalla fondazione coloniale di *Augusta Bagennorum*, cioè da un modello tradizionalmente romano, legato ad una occasione giuridicamente determinata, come quella della deduzione: essa comporta una effettiva "intrusione" in un contesto diverso, non solo di nuovi assegnatari, ma anche di nuove forme di organizzazione agraria e sociale, nonché di tipologie architettoniche ed urbanistiche che hanno la loro origine nel "centro del potere".

Il secondo tipo di sistema insediativo — che abbiamo voluto definire "pagano" e che le immagini ci hanno rivelato per la maggior parte del nostro territorio senza poterlo ricondurre ad alcun centro urbano — appare derivato da quella che potremmo chiamare una volontà

"consortile": ad essa pensiamo si debba far risalire l'organizzazione regolare che verosimilmente raggruppa, per una consistente estensione, più proprietà, allo scopo di realizzare quella che potremmo chiamare una "riforma agraria". I modelli coloniali dovevano aver rivelato i vantaggi di una organizzazione regolare che viene adottata indipendentemente dai provvedimenti legislativi di fondazione e di assegnazione.

Queste osservazioni, di grande portata storica, saranno presentate in modo che il visitatore se ne appropri gradualmente e traduca in un contesto culturale, attraverso il terreno digitale e l'articolazione su di esso della organizzazione individuata, la morfologia insediativa — che, da sola, ha l'asetticità di una forma geometrica —; cioè riesca a leggere, da tale contesto il quadro completo e integrale di una società di uomini come produttori di comunicazioni e protagonisti di una condizione di vita.

Sul piano espositivo si partirà dalle immagini a scala 1:25000 per splittarle in immagini 1:5000 con dettagli a scala 1:1000 o addirittura 1:750; immagini sempre georeferenziate e derivate da piattaforme satellitari, aeree e da bassa quota. Per queste ultime le immagini presentate, almeno in alcuni casi, saranno interfacciate con le mappe geofisiche delle stesse aree. La interpretazione vettoriale delle suddette immagini sarà sovrapposta ad esse, per dimostrazione, ma anche unificata in un'unica banca da cui si potranno plottare, con successive zoomate, le mappe di quanto accertato, passando dalla sintesi generale fino ai dettagli da bassa quota. Il terreno digitale permetterà di apprezzare l'effettiva morfologia dell'uso del territorio, anche in tutte le sue variazioni altimetriche.

A questo punto si dovrà rispondere alla domanda sull'uso del suolo e sui sistemi insediativi, anteriori a quelli che hanno lasciato i segni più vistosi. L'elaborazione delle immagini aeree e di quelle a bassa quota permetterà di interfacciare le osservazioni di dettaglio con il sistema informativo dei dati pregressi che debbono essere attribuiti ad età preromana.

Analogamente si procederà per quelle informazioni che si sovrappongono al più vistoso impianto romano imperiale e che possono essere attribuite ad età tardo antica ed alto medievale e che saranno affrontate in una apposita sezione della Mostra.

Potranno così essere illustrati e presentati i manufatti più significativi, sia quelli costruiti, attraverso rilievi, immagini, ricostruzioni grafiche e modelli tridimensionali, sia quelli mobili, in vetrine. I manufatti saranno utilizzati, grazie ai più opportuni sussidi audiovisivi, non come oggetti esposti all'ammirazione del visitatore, ma come i dati essenziali per ricomporre il quadro culturale che caratterizza i ricostruiti sistemi

insediativi, nella integrità garantita, appunto, dalla sistematicità applicata all'individuazione delle risorse.

Il modello urbano sarà spiegato con gli opportuni confronti per inquadrarlo nella sua collocazione di apporto culturale che si riflette sulla organizzazione "pagana", soprattutto con alcune essenziali tipologie architettoniche: queste saranno altrettanti temi illustrati nella Mostra.

In primo luogo la tipologia abitativa, sia nella sua forma urbana, sia in quella rurale che è conservata nelle evidenze più rilevanti delle ville, come manufatti legati a domande di funzionalità di coltivazione, di residenza, di raccolta e di distribuzione. Sarà realizzata una piccola sezione per mostrare quanto sia articolata, nella civiltà romana fino alla tarda antichità e alle soglie del Medioevo, la tipologia architettonica che comunemente chiamiamo "villa", e come il nome sia attribuito ad un manufatto costruito a fini genericamente abitativi e residenziali che però soddisfa domande specifiche molto diverse e strettamente legate a specifiche condizioni di cultura e di uso del territorio, assai diverse nei tempi e nei luoghi.

Un'altra tipologia che sarà illustrata sarà quella dei *fora*, sia nella versione urbana, partendo dal caso di Benevagenna, sia nella funzione di aggregazione di *pagi*, come luogo d'incontro, di mercato, di trattazione, di interessi comuni, piuttosto che piazza architettonicamente sistemata, pur indubbiamente svolgendo funzioni analoghe, sotto il profilo della vita della collettività che vi gravitava, a quelle dei *fora* urbani.

Analoga funzione di aggregazione, soprattutto per quello che con termine attuale potremmo chiamare il "tempo libero", avevano i complessi termali, non solo bagni, ma soprattutto luoghi di incontro e di contatti, come i nostri caffè o luoghi di spettacolo, laddove tradizionali edifici romani per lo spettacolo — teatri e anfiteatri — richiedevano un assetto sociale e, soprattutto i secondi, condizioni economiche che non potevano essere quelle delle campagne.

I teatri, nelle città di età imperiale, erano soprattutto i luoghi di riunione del *populus* e, solo occasionalmente, di spettacoli, simili alle nostre riviste. Gli anfiteatri richiedevano per la loro funzionalità di edifici per lo spettacolo, la presenza e l'intervento di ricchi sponsor in grado di offrire al pubblico combattimenti gladiatori e, come ormai più frequente in età imperiale, *venationes*. Queste erano assai costose per l'approvvigionamento delle fiere da usare. Non a caso l'*edictum de pretiis* di Diocleziano contiene accanto ai prezzi dei generi alimentari e di altri prodotti d'uso, quelli dei leoni e delle tigri, gli animali commerciati, appunto, per le *venationes*.

Per illustrare la funzione delle terme nella vita sociale di età romana soprattutto imperiale fino alla tarda antichità, saranno presentati grafici, plastici e sussidi informatici per far vivere al visitatore un complesso termale in attività e in grado di soddisfare tutte le sue funzioni, da quelle pratiche, come quelle di lavanderia, a quelle più intellettuali e culturali, grazie alle biblioteche e alle collezioni di oggetti d'arte, veri e propri musei di storia della scultura, che le arricchivano.

La presenza del complesso termale di *Forum Germanorum* sarà l'occasione per una simile dimostrazione.

L'applicazione delle ricerche dell'archivio biologico occuperà un ulteriore settore di questa seconda sezione della mostra. I risultati delle analisi palinologiche e botaniche offriranno l'opportunità di ricostruire per il territorio indagato il paesaggio vegetale, sia naturale che coltivato. I pollini, analizzati dai paleosuoli, ci permetteranno anche di individuare le coltivazioni dei lotti divisi regolarmente e, forse, anche la loro produttività.

Tra le risorse naturali si recupererà anche il mondo animale del territorio studiato, sia come risorsa alimentare, per caccia o per allevamento, sia come animali da lavoro.

Infine i resti dell'uomo consentiranno di recuperare, con le metodologie più sopra illustrate, le condizioni materiali di vita e la qualità di quest'ultima.

Potremo così completare la nostra sistematica ricostruzione del quadro della società che occupava il sistema insediativo che le immagini ci hanno evidenziato: di essa i manufatti raccolti ci hanno fatto recuperare il contesto culturale, sia negli aspetti materiali di produzione, sia in quelli delle aspettative intellettuali e della loro soddisfazione. Attraverso lo sfruttamento dell'archivio biologico questa società ci si rivela come collettività di individui dei quali possiamo conoscere le condizioni e la qualità della vita da essi effettivamente vissuta.

Il giudizio e la valutazione del contesto culturale non possono prescindere più dalla valutazione di questi ultimi dati, se vogliamo veramente raggiungere l'obiettivo della nostra ricerca e soddisfare la funzione sociale attuale della nostra scienza.

Così indagata l'area prescelta, anche senza emergenze spettacolari, può fornire tutte le indicazioni che sono superstiti per ricostruire, in maniera integrale ed esauriente, la storia delle presenze umane su di essa e quindi la piena conoscenza di società del passato che con il loro modo di essere e di agire hanno in qualche misura influenzato il nostro.

Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 87-91

Nuovi orientamenti di calcolo elettronico nell'analisi dei fenomeni complessi

Pier Paolo CIVALLERI(*)

Autorità, Colleghi, gentili Signore e Signori,

l'invenzione dell'elaboratore numerico (*computer* nella terminologia anglosassone), generalmente attribuita a VON NEUMANN, è fra quelle che hanno maggiormente influenzato l'assetto della società contemporanea e il nostro stesso modo di pensare. Essa è il risultato di un felice connubio fra le idee inizialmente sviluppate da una schiera di scienziati negli anni Trenta e Quaranta in ordine alla concezione del calcolo automatico, e la tecnologia dello stato solido, evolutasi dall'invenzione del transistore alla fine degli anni Cinquanta fino all'attuazione, ai giorni nostri, di sistemi di grande complessità su supporti fisici di minime dimensioni (*Very Large Scale Integration* o VLSI).

I problemi che possono oggi risolversi con l'ausilio degli elaboratori numerici sono numerosissimi e di svariata natura: basta pensare alle applicazioni che questi strumenti trovano nella gestione di uffici, aziende, banche, nella progettazione industriale, negli armamenti, nella ricerca scientifica, nella documentazione, di fatto in ogni settore di attività della vita moderna. *In nuce* la funzione dell'elaboratore numerico è sempre la stessa: quella di operare su dati che siano stati acquisiti dal mondo esterno, elaborandoli in modo che l'informazione in essi contenuta venga presentata nella forma che meglio si presta alla sua utilizzazione. Così, ad esempio, nella progettazione si passa dalle specifiche di progetto alle dimensioni dei vari componenti e alla descrizione del modo in cui devono essere connessi per realizzare l'oggetto prodotto.

Se tuttavia noi cerchiamo di risalire alle origini di tutta questa vastissima problematica, ci accorgiamo, risalendo il corso della storia, che esse risiedono in unico problema, già presente nei primordi dell'umanità, quello del contare, e dell'eseguire semplici operazioni sui numeri

---

(*) Accademia delle Scienze di Torino; ordinario di Elettrotecnica, Politecnico di Torino.
Conferenza tenuta il 27 Gennaio 1993.

risultanti dai conteggi. L'abaco, inventato dai Cinesi, è l'esempio più antico di strumento di calcolo. Sotto un altro aspetto, la formalizzazione della logica iniziata da ARISTOTELE, sviluppata da LEIBNIZ e giunta nell'Ottocento e nel Novecento al culmine del suo sviluppo, ha dato origine ai linguaggi di programmazione, nei quali vengono scritte le successioni di istruzioni (programmi) che descrivono una data elaborazione. È importante notare che negli elaboratori numerici moderni i dati oggetto delle elaborazioni ed i programmi sono entrambi immagazzinati in memoria e possono essere sostituiti. È questa la ragione della flessibilità dell'elaboratore numerico: non solo esso può operare su dati diversi, ma può compiere su di essi ogni elaborazione possibile, purché fornito di un opportuno programma. Abbiamo qui toccato i due aspetti, quello materiale (o *hardware*) e quello logico (o *software*), sempre entrambi presenti in un elaboratore di tipo universale, come la maggior parte di quelli oggi presenti sul mercato. Esistono anche elaboratori detti dedicati, nei quali il programma è fissato nella struttura materiale ed è pertanto immutabile: la mancanza di flessibilità è compensata dalla maggiore velocità di elaborazione.

Nel secolo XVII, per opera di GALILEI e di NEWTON, il processo di matematizzazione delle leggi naturali raggiunge il suo culmine e la sua sistemazione. I processi fisici vengono caratterizzati da variabili numeriche le quali evolvono nel tempo secondo modalità determinate dai loro valori iniziali e dalle leggi naturali stesse. Tali processi diventano dunque, implicitamente, degli elaboratori, perché trasformano i valori iniziali delle variabili fisiche che li caratterizzano nei valori che esse assumono successivamente istante per istante. Questa immagine dei processi fisici, e quindi in ultima analisi dell'intero Universo, come di un gigantesco elaboratore di dati, non fu tuttavia intuita immediatamente, anzi si è sviluppata soltanto in tempi recenti e alquanto timidamente, per il tramite del concetto di elaboratore analogico.

L'elaboratore analogico, sviluppato dopo la seconda guerra mondiale, in un'epoca in cui i sistemi numerici avevano, rispetto a quelli attuali, dimensioni e costi enormi e prestazioni ridotte, è null'altro che un sistema fisico descritto dalle stesse equazioni matematiche che governano il sistema che si vuole studiare, e che pertanto si comporta nello stesso modo di quello, se inizialmente è posto nelle stesse condizioni. Naturalmente la cosa ha interesse se l'elaboratore analogico è molto più semplice, maneggevole e meno costoso del sistema originale: fra gli esempi più noti vi sono i modelli idraulici, coi quali viene simulato, in scala ridotta, il comportamento di fiumi, canali, bacini artificiali, e così via, e la galleria del vento, nella quale vengono simulate le condizioni aerodinamiche su oggetti in movimento, tipicamente aeromobili o autoveicoli.

L'elaboratore analogico, eccetto che per le applicazioni descritte, ebbe una fortuna effimera perché fu rapidamente soppiantato da quello numerico che garantisce senza costi troppo elevati una maggiore precisione dei calcoli. Perfino il regolo calcolatore, ben noto ai meno giovani ingegneri e tecnici, che può a buon diritto riguardarsi come il prototipo dei calcolatori analogici (perché esegue moltiplicazioni e divisioni sommando o sottraendo segmenti), scomparve verso la metà degli anni Settanta, all'apparire delle calcolatrici tascabili.

Nonpertanto, negli ultimi anni, l'elaborazione analogica si è riaffacciata non solo come strumento di calcolo scientifico e tecnico, ma come mezzo di elaborazione dell'informazione di interesse generale. La ragione di questo rinnovato interesse è che in molti casi la velocità del calcolo ha interesse preminente rispetto alla sua precisione: l'esecuzione di elaborazioni, come si dice, in tempo reale, in tempo cioè uguale o minore di quello in cui si svolge il processo fisico considerato, richiede il più delle volte, se fatta in forma numerica, l'uso del calcolo parallelo, che vuol dire apparecchiature complesse e a tutt'oggi molto costose. Il sacrificio della precisione in misura in molti casi accettabile consente di sostituire all'elaboratore numerico parallelo un elaboratore analogico, molto più semplice e meno costoso. Giova peraltro osservare che nella maggior parte dei casi gli elaboratori analogici sono completamente o parzialmente dedicati, sono cioè costruiti per una applicazione specifica, nell'ambito della quale consentono una certa minore o maggiore flessibilità.

Una classe notevolmente flessibile, tanto da potersi riguardare come universale, di elaboratori analogici, che è stata introdotta di recente, è costituita dalle cosiddette *reti neurali*. Esse sono costituite da un insieme di celle elementari, dette *neuroni*, ognuna delle quali è fornita di un certo numero di *ingressi*, ai quali afferiscono segnali provenienti dal mondo esterno o dalle altre celle, e da un certo numero di *uscite* che avviano i segnali elaborati dalla cella alle altre celle o al mondo esterno. Si può dire che ogni cella trasforma i segnali di ingresso nei segnali di uscita in un modo che è caratteristico della cella stessa: per quanto le realizzazioni particolari possano essere differenti, si può dire che due proprietà sono in generale osservate:

a) le uscite ad un dato istante non dipendono dagli ingressi in quell'istante, ma da tutta la loro evoluzione passata (in generale con pesi decrescenti a mano a mano che ci si allontana nel tempo);
b) le uscite non sono proporzionali agli ingressi, ma presentano il cosiddetto effetto di soglia: oltre un certo valore degli ingressi, le uscite non crescono più.

La terminologia usata non deve far ritenere che le reti neurali si

propongano come potenziali modelli del sistema nervoso, anche se la loro origine promana proprio da questo campo di studi. Esse piuttosto sfruttano le proprietà a) e b) sopra descritte, nonché quelle che derivano dalla loro interconnessione, per attuare, in modo analogico e in tempo reale, elaborazioni che descrivono processi altamente complessi.

Naturalmente, se la rete neurale è completamente definita, può compiere sempre e solo lo stesso tipo di elaborazione. Se si desidera che presenti una certa flessibilità, occorre prevedere la possibilità di mutarne in qualche modo le caratteristiche. Questo si ottiene lasciando invariate le caratteristiche delle celle e le loro connessioni, ma cambiando i *pesi* di queste ultime, cioè i fattori di amplificazione dei segnali convogliati da una cella all'altra. Questo altera il comportamento della rete come la sostituzione di un programma ad un altro altera il comportamento di un elaboratore analogico: la variabilità dei pesi garantisce la flessibilità del sistema.

Una caratteristica originale, e di fondamentale importanza, delle reti neurali, non condivisa dagli altri tipi di elaboratori sia analogici che numerici, è la capacità di apprendere, cioè di modificare i propri pesi fino ad eseguire in modo ottimo una funzione desiderata.

Questo punto si può intendere nel modo migliore considerando una applicazione particolare, e tuttavia importantissima, delle reti neurali: quella del riconoscimento delle immagini. Si supponga ad esempio di voler riconoscere dei caratteri di scrittura. Ogni carattere sarà disposto su un supporto rettangolare, che possiamo dividere in un numero abbastanza grande di quadratini, ognuno dei quali sarà bianco o nero, a seconda che non sia o sia occupato da una parte del carattere. Supponiamo di disporre di una rete neurale con tante celle quanti sono i quadratini e ciascuna con un solo ingresso e una sola uscita verso il mondo esterno. Inviamo in ingresso a ciascuna cella un segnale 0 se il corrispondente quadratino è bianco, 1 se è nero. Collezionando su un altro supporto rettangolare le uscite, si otterrà una figura la cui forma dipenderà dai pesi delle connessioni e che sarà in generale molto diversa dal carattere esaminato. Possiamo tuttavia, con procedure che non possiamo qui descrivere, confrontare l'uscita con l'ingresso, cioè la figura ottenuta con il carattere originario, e modificare i pesi fino a che le due immagini sono divenute sufficientemente uguali. A questo punto la rete, se riceve in ingresso quel carattere, ne fornirà una immagine pressoché esatta, mentre se riceve un carattere diverso, produrrà una immagine così distorta da risultare irriconoscibile. Il confronto dell'ingresso coll'uscita consente dunque di stabilire in modo automatico se il primo consiste o meno nel carattere assegnato, che la rete ha appreso a riconoscere.

La discriminazione di un carattere da tutti gli altri si riduce in definitiva a una questione di probabilità: ingresso e uscita non sono esattamente uguali, non foss'altro che per la discretizzazione del supporto dell'immagine in quadratini, e d'altra parte il responso della rete neurale non è vincolato al fatto che il bianco e il nero di tutti questi debbano corrispondersi esattamente nell'ingresso e nell'uscita essendo sufficiente che la coincidenza si verifichi per un numero abbastanza grande di essi. Questo apre la possibilità di riconoscere anche caratteri abbastanza diversi dal modello, come i caratteri scritti a mano, purché la diversità non sia tale da renderne dubbia l'identificazione anche all'occhio.

Un'altra applicazione consiste nella costruzione di *memorie associative*. Queste funzionano in un modo empiricamente simile a quello in cui funziona la memoria umana, quando associa il valore di un attributo, ad esempio il nome di una persona, ai valori di altri attributi, ad esempio l'età, la statura, il colore dei capelli, il luogo dove la si è incontrata, ecc. L'informazione relativa a questi ultimi attributi, se sufficientemente ricca, può far scattare, per associazione, il ricordo del nome. Nelle reti neurali l'associazione fra attributi diversi viene ancora attuata regolando i valori dei pesi delle connessioni attraverso una fase di apprendimento che può durare indefinitamente, a mano a mano che si acquisiscono nuove informazioni. L'utilità di questa applicazione è evidente: si tratta di acquisire informazioni essenziali ma ignote a partire da una serie di informazioni parziali note, come nel caso di chi vada ricercando un libro del quale ha dimenticato il nome dell'autore e il titolo ma ricorda, almeno parzialmente, il contenuto.

Non si deve tuttavia ritenere che i moderni elaboratori analogici, ed in particolare le reti neurali, possano soppiantare in futuro gli elaboratori numerici. L'evoluzione più probabile è nella direzione degli elaboratori *ibridi* che constano di un sistema numerico e di uno analogico più o meno intimamente interconnessi e organizzati in modo che ciascuno di essi svolga la parte che gli è più appropriata. I due aspetti del calcolo, quello analogico e quello numerico, appaiono così nella loro prospettiva più vera, che sembra essersi attuata anche, per effetto dell'evoluzione, nella diversa funzionalità degli emisferi cerebrali: quella di essere complementari.

Ringrazio tutti i presenti per la Loro gentile attenzione.

Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 93-117.

Il problema del romanzo storico

Giorgio BÁRBERI SQUAROTTI[*]

Dopo aver stampato il suo, il MANZONI incomincia subito a esprimere le più radicali riserve intorno al genere del romanzo storico, come per liberarsi dal disagio di una scelta letteraria così aliena dalla tradizione e dai generi consacrati sia dalla teoria della letteratura, sia dalla funzione morale e di ammaestramento collaudata per molti e molti secoli all'interno dell'inno, della tragedia, dell'epica. Ciò che suscita le riserve del MANZONI tanto lucide e lineari quanto, nel fondo, un poco sofistiche per eccesso di sillogistica conseguenzialità, è il fatto che il genere romanzesco (in assoluto, non soltanto nell'incarnazione storica) è quello moderno del tipico intrattenimento del lettore attuale, tutto inteso ormai alla prosa e all'avventurosità dell'intreccio, alla novità delle vicende, ai colpi di scena improvvisi, ai cambi di condizione dei personaggi: quell'identificazione, insomma, del lettore con il testo che non si può certamente verificare nella tragedia e nel poema perché gli eventi che vi sono rappresentati sono il patrimonio di una lunga vicenda di rielaborazioni, adattamenti, riprese, interpretazioni, e tutto all'interno di essi è perfettamente noto, e non ci sono allora sorprese e novità capaci di attirare su di sé l'attenzione del lettore distraendolo dal fine dell'ammaestramento che la letteratura ha da avere sempre. Nel romanzo storico lo spazio di tale seduzione autonomamente letteraria del lettore è quello che è occupato dai personaggi di invenzione con tutto quello che si portano dietro di non garantito dalle storie, di ambiguo, di incoercibile, di non classificabile *a priori*, perché devono essere istituzionalmente riconosciute loro un'avventurosità di movimenti e un'imprevedutezza di parole e di azioni, e la strategia del narratore non può tener conto di tale situazione, e deve lasciare, allora, ai personaggi che ha inventato tutta una serie di sviluppi autonomi rispetto alla storia "vera", e, anzi, prevedere tale libertà di movimenti come parte necessaria e indispensabile del genere.

Per il MANZONI qui sta il rischio insito nel romanzo storico: di venire

[*] Accademia delle Scienze di Torino; ordinario di Letteratura Italiana, Università di Torino.
Conferenza tenuta il 6 Aprile 1994.

a costituire un'"altrastoria" rispetto a quella effettivamente accaduta e documentata. E il MANZONI sa perfettamente che, una volta inventata una vicenda romanzesca con i pertinenti personaggi, questa "esiste" di un'esistenza pericolosamente concorrenziale rispetto alle vicende documentate dalla storiografia. Per averne fatta la prova, sa che il romanzo storico non soltanto è il frutto di una mescolanza di vero e di finto, ma è anche sostanzialmente alternativo rispetto alla storia "ufficiale", quella che, come fa scrivere all'anonimo, è piena delle gesta dei prìncipi e dei grandi uomini, dei suoni delle trombe di guerra, dei maneggi dei gabinetti diplomatici. Il romanzo storico offre possibilità di consolazione, all'interno di quella parte che è il frutto dell'invenzione, per i personaggi feriti dalla storia. In questo modo, però, più di ogni altro genere letterario, finisce a costituire oggettivamente il più clamoroso e grandioso trionfo della letteratura come esercizio assoluto della finzione: non gratuito, poiché l'intento dimostrativo ed etico rimane fondamentale, ma certamente tale da poter coprire con il proprio velo la nuda verità, spesso atroce, della storia, quella che, nella realtà degli eventi, non ha avuto nessuna consolazione di lieto fine; di ammaestramento compiuto per la maturazione del protagonista che ha visitato la fatica, i pericoli, l'orrore, anche, e l'ingiustizia del mondo e della storia, o di prova superata vittoriosamente per chi già sapeva, fin dall'inizio, quali inganni e quali trappole disseminino i malvagi e i tentatori davanti a chi non va a cercarsi i guai, anzi se ne tiene ben lontano, o vorrebbe esserne immune. La contraddizione drammatica che il MANZONI coglie nel romanzo storico come componimento misto di storia e di invenzione è proprio qui: nell'ambiguità che suggerisce al lettore la possibilità che qui e ora, nella letteratura, e non nella fiducia in Dio o nella figura del Dio che affanna e che consola, possa darsi il riscatto dal dolore e dalle persecuzioni della storia e della società, cioè si possa avere giustizia a questo mondo.

I narratori che continuano la vicenda del genere lungo l'Ottocento, non si rendono affatto conto del problema di fondo che il MANZONI ha perfettamente colto nel suo *Discorso*, se non forse con qualche limite il TOMMASEO dei racconti storici, soprattutto de *Il sacco di Lucca* e de *La cacciata del Duca d'Atene*, nel senso che qui l'orrore e le violenze e le crudeltà della storia sono raccontate senza veli e infingimenti, senza reticenze e senza eufemismi, si tratti delle uccisioni orrende dei ministri di Gualtieri di Brienne oppure delle violenze sulle donne nobili di Lucca da parte dei soldati conquistatori, e allora il narratore prende per sé la posizione di chi si colloca al centro dei fatti come testimone oculare, che partecipa a saccheggi, massacri, stupri come il cronista che tutto registra sulla pagina, non impassibile (come dimostra l'episodio della donna lucchese che sta sonando mentre viene sorpresa da un soldato,

che la spoglia nuda e da lei viene ucciso), ma determinato a non distrarre lo sguardo da nulla, per atroce che sia lo spettacolo a cui assiste. Accanto, sono i moltissimi narratori che nel genere vedono soltanto un ambito di letteratura nuovo, non ancora del tutto sfruttato, pur se ha sopra di sé il segno esemplare dell'opera del MANZONI. Il TOMMASEO, nei racconti storici, viene a proporre, alternativamente rispetto ai *Promessi Sposi*, la trasformazione del genere storico in una sorta di contemporaneità di racconto, la quale non consiste nei fatti narrati, ma nel modo di raccontarli. Se in *Fede e bellezza* il TOMMASEO ha scritto il grande romanzo contemporaneo radicalmente alternativo rispetto ai *Promessi Sposi*, il primo che venga dopo l'opera manzoniana (e dopo l'archetipo ortisiano), nei racconti storici ha accolto il genere manzoniano per farne tutt'altra cosa, anzi per stravolgerne intenti, modi e struttura.

La verità assoluta della storia è del tutto rispettata dal TOMMASEO, che non lascia spazio ai personaggi d'invenzione; ma, al tempo stesso, mutato a fondo è il punto di vista, che non è quello dello scrittore quale demiurgo pastore dei personaggi incarnato nell'allegoria del cane e del pastore, nella similitudine manzoniana, ma è quello del testimone presente ai fatti per remoti nei secoli che essi possano essere. Il MANZONI ha perfetta coscienza che la storia con cui vengono in contatto Renzo, Lucia, Don Abbondio, Agnese e tutti gli altri, compresi Tonio e Gervaso e il cugino Bortolo e lo spadaio dell'osteria di Milano o il mercante di stoffe dell'altra osteria di Gorgonzola, è ben circoscritta e fissata alla fine del terzo decennio del XVII secolo, così come è stata raccontata nella sua verità storica dagli storici, si tratti della guerra di successione di Mantova e del Monferrato oppure della peste seguita alla discesa dell'esercito imperiale o ancora dei governatori di Don Gonzalo di Cordova e di Ambrogio Spinola. Il TOMMASEO, al contrario, trasporta il lettore nel cuore dei fatti, come se accadessero nel momento stesso in cui il narratore li vede, li registra e li rappresenta. La lezione della storia è, di conseguenza, per il MANZONI quella che si ricava dalla verità dei fatti di guerre, invasioni, saccheggi, soperchierie, atti di carità, epidemie, carestie, e di conseguenza è valida per ogni tempo nel confronto con gli oppressi e le vittime che ne sono nell'altra dimensione, quella dell'invenzione; per il TOMMASEO, al contrario, non c'è ammaestramento, ma piuttosto la violenza dell'emozione di essere condotti ad assistere a esempi estremi di crudeltà, di violenza, di ferocia, da cui non si può ricevere altro che il senso di un perpetuo errore. L'obiezione manzoniana intorno ai racconti misti di storia e di invenzione non vale per il TOMMASEO: non c'è invenzione, se non di linguaggio e di punto di vista, che è, anzi, il culmine della finzione, ma il lettore non se ne

accorge, perché troppo costrittivamente egli è stato trasportato nella contemporaneità dei fatti, e vi rimane, per tutta la durata della narrazione, dentro, senza distacco, senza prospettiva sufficiente per potersi rendere del tutto ragione che sono narrati episodi di tanti secoli prima. Invece, il MANZONI segna decisamente, con gli interventi da fuori e con la citazione e i documenti, la collocazione nel passato della storia che costituisce l'una delle due parti di cui consiste il romanzo storico come genere.

Al di là sia del TOMMASEO, sia del MANZONI, la "trovata" più significativa, che cerca di risolvere le antinomie rilevate dal secondo e un poco mediare l'immediatezza testimoniale del primo, con l'eccesso di emozione che determina, è quella del NIEVO, che affida alla memoria del protagonista, che è, al tempo stesso, colui che racconta, la testimonianza dei fatti della storia, in questo modo immettendo il lettore nel centro degli avvenimenti, ma al tempo stesso mediando attraverso la forma della "confessione", cioè dell'autobiografia infinta, la bruciante violenza dei fatti oppure la loro traumaticità che discende dall'essere troppo ancora strettamente legati all'esperienza contemporanea del Risorgimento e dell'unità italiana. L'io che racconta garantisce la verità degli eventi, che non hanno più bisogno di essere ancorati ai documenti e alle citazioni di storici e testimoni oculari che abbiano affidato alla scrittura quanto hanno visto o immediatamente appreso. La storia è "vera" perché il memorialista, pur infinto, vi è stato presente, vi ha partecipato, ci è passato attraverso, ne ha patito vittorie e sconfitte, che hanno lasciato su di lui segni profondi. Al tempo stesso, l'opposizione tra i personaggi storici e quelli d'invenzione, se non scompare (e non potrebbe proprio annullarsi), tuttavia si attenua nell'unicità del punto di vista della memoria, all'interno del quale è giusto e inevitabile che l'anche più fedele resoconto, dipendendo da quell'unica prospettiva, contenga in sé figure che la storia ha consacrato nelle proprie teche e personaggi che appartengono all'esperienza generale di vita, di ambienti, di luoghi, compiuta dal narratore della propria autobiografia. È certamente una soluzione geniale, nella storia del genere. Non è senza significato che il FOGAZZARO, scrivendo *Piccolo Mondo Antico*, si richiami proprio alla memoria, alla propria memoria di narratore, per garantire la verità dei luoghi e delle figure che li popolano, si tratti di Franco, di Luisa, del Pasotti, dello stravagante pittore di Lugano e di tutti gli altri. La memoria del testimone infinto oppure quella dello scrittore che narra in terza e non in prima persona valgono a superare l'obiezione manzoniana sulla contraddittorietà della stesura del romanzo storico, ma anche a velare e a rendere innocua la traumaticità della chiamata del lettore a essere testimone degli eventi.

Dopo, forse soltanto all'inizio del Novecento con *I vecchi e i giovani* di PIRANDELLO, il problema teorico e quello strutturale del romanzo storico viene a essere rimeditato in una forma nuova, anche se già CALANDRA, ne *La bufera*, tenta di costruire un'opera in cui la storia si riveli e si avvalori nello spazio della più ampia e tragica risonanza che essa ha nei sentimenti, nelle azioni, nei moti dell'anima dei personaggi d'invenzione, in questo modo perdendo molto del rilievo che ebbe nei *Promessi Sposi* e durante l'Ottocento, ma coinvolgendo più profondamente l'emotività del lettore. La storia si risolve in cornice, come nei modelli antichi, dal BOCCACCIO al GRAZZINI o al SELVA e a tanti altri nel corso del Cinquecento. Non ha più una relazione con l'invenzione, se non come sfondo che più intensamente rileva il patetico insito nelle figure che all'invenzione appartengono. La morte dei due protagonisti, massacrati dai popolani che si sono ribellati contro i Francesi occupanti e contro i giacobini piemontesi che li sostengono, appare più crudelmente patetica proprio perché è determinata dall'evento storico nelle particolari e specifiche conseguenze che esso ha sui personaggi che della vicenda della storia, sì, partecipano, ma soltanto per l'invenzione del narratore, che ha fatto l'uno aristocratico, ma pieno di riserve e di dubbi intorno alla vecchia e sorpassata monarchia sabauda di fronte alla rivoluzione francese all'irrompere in Piemonte delle truppe rivoluzionarie, l'altra, moglie di un simpatizzante per la causa giacobina, probabilmente morta in un tentativo clandestino di espatrio. La congiunzione conclusiva di amore (irregolare, segreto) e morte (atroce, per la violenza crudele e beffarda dei contadini, in rivolta, che identificano la "bella giacobina" e vogliono impadronirsene per farne strazio) è, appunto, acuita dalla cornice storica, che è in funzione di tale culmine di tragico e patetico insieme uniti. La storia è essenziale alla struttura della narrazione, ma non è più l'alternativa oppressiva e prevaricatrice nei confronti della gente meccanica e di piccolo affare, necessaria per l'esperienza del male nel mondo che essa è continuamente costretta a compiere, anche quando più si tenga lontana da ogni occasione d'incontro con i potenti, come accade nei *Promessi Sposi*: è lo sfondo, invece, da cui i personaggi d'invenzione sorgono, a svolgere la loro vita e a partecipare i loro sentimenti, ma i due piani non sono né alternativi né oppositivi. L'uno si prolunga nell'altro, s'intreccia, tutto quello che accade sembra, al tempo stesso, contemporaneo al lettore e senza nessuna distinzione di invenzione e di verità storica, poiché le due prospettive confluiscono l'una nell'altra, in modo sottilmente illusivo.

Tale struttura del romanzo storico è ripresa da PIRANDELLO, e basterà pensare alla morte di Aurelio Conte e di Nicoletta Capolino, anch'essi amanti, anch'essi giunti in carrozza in mezzo ai minatori in rivolta, che

li fanno a pezzi e li bruciano con la carrozza stessa. C'è anche qui la scelta funzionale dell'evento storico, i moti dei solfatari siciliani per la chiusura delle miniere e l'intervento dell'esercito per domare la ribellione, per esaltare pateticamente il destino di amore e morte di Aurelio e Nicoletta; ma c'è, in più, la ricerca continua, da parte dello scrittore, dei segni del definitivo fallimento di tutti gli eroismi, le speranze, i sogni, le aspirazioni del Risorgimento. La storia viene a essere, in modo sottile e un poco illusivo, lo spazio autentico della narrazione, anche se i personaggi storici sono nascosti sotto nomi d'invenzione. Ciò che PIRANDELLO intende rappresentare è la sconfitta morale e storica del Risorgimento, sia nel destino dei prìncipi Laurentano, l'uno, don Cosimo, ancora chiuso nella sua fedeltà al regime borbonico fino a recitare e far recitare dai sottoposti la quotidiana ritualità dell'omaggio con l'alzabandiera al re deposto ed esiliato, l'altro Lando, tutto rivolto alle nuove idee di riscatto sociale e di rinnovamento politico delle istituzioni del regno, così fragili e ferite da scandali e mediocrità ed errori, ma anche in qualche modo complice delle conseguenze sanguinose del progetto folle di riprendere il cammino dell'Italia da capo, muovendo di nuovo dalla Sicilia come al tempo dell'impresa garibaldina. I contadini uccisi dai soldati, l'uomo nel pieno delle forze e il ragazzo acerbo e la bambina, Amelio e Nicoletta massacrati dalla folla, il deputato corrotto, Corrado Selmi, suicida, il nipote dell'eroe del Risorgimento, Roberto Auriti coinvolto nello scandalo e arrestato, sono avvenimenti al tempo stesso di invenzione e della storia (come accade ne *La bufera*). In quanto personaggi d'invenzione, non sono alternativi rispetto ai fatti della storia, ma di questi sono attori, complici, protagonisti, partecipi, vittime, e come tali si presentano nel romanzo, cioè con il pieno carico della responsabilità di essere testimonianze della storia, che si traduce in esempi e in lezione attraverso a essi, ai loro sentimenti. Storia e invenzione tendono a coincidere nell'idea di personaggio esemplare, che porta in sé le funzioni della storia e la propria condizione individuale, i propri sentimenti, le viltà, gli eroismi, i progetti, le attese. Significativamente, soltanto Mauro Mortara è esclusivamente personaggio d'invenzione, e come tale costituisce un'allegoria, non un'esemplificazione: quella della morte del Risorgimento nell'ambiguità per cui essere con i soldati d'Italia significa essere con coloro che hanno tradito con la corruzione gli ideali risorgimentali e non con i garanti dell'unità nazionale, e i soldati uccidono proprio l'umile eroe garibaldino, perché appare loro come un brigante, non riconoscendolo come uno di quelli che hanno liberato la Sicilia dal dominio borbonico e hanno fatto l'Italia.

Ne *I vecchi e i giovani* ci sono, proprio per questo, i segni di vitalità

del genere storico del romanzo: nel corso della prima metà del Novecento prevale piuttosto l'idea del genere come contenitore (anche avventuroso), che ha il risultato più significativo ne *Il Mulino del Po* di BACCHELLI come opera d'invenzione che si serve dello sfondo di cent'anni di storia italiana per avvalorare e rendere più fortemente incardinato nella tradizione nazionale la struttura del romanzo ciclico di una famiglia, capace di raccogliere nel proprio interno tutte le varietà dei casi sentimentali, economici, ideologici, dei rapporti, delle avventure, ma dando loro l'ordinamento abbastanza rigoroso che nasce dalla continuità delle generazioni, dal trasmettersi delle stesse attività lungo gli anni, dalla nettezza dello spazio ben circoscritto e accuratamente descritto che fa da sfondo agli avvenimenti. La storia viene a essere posta decisamente sullo sfondo, ed è richiamata soltanto in quanto viene a lambire o anche a toccare personaggi d'invenzione: Lazzaro Scacerni sulla Beresina e durante la ritirata napoleonica dalla Russia, le vicende risorgimentali nel Ferrarese, gli Austriaci, i papalini, i legati pontifici, il Risorgimento e una lontana eco garibaldina, poi gli scioperi agricoli, la piena rovinosa del Po, la tassa sul macinato, le lotte sociali, fino al destino dell'ultimo Scacerni sul Piave, a concludere ciclicamente la vicenda della famiglia iniziata su un fiume della Russia, durante una rotta militare, e conclusa su un altro fiume per una vittoria.

Eppure BACCHELLI, ne *Il diavolo al Pontelungo*, aveva tentato un radicale rinnovamento del genere, accorciando i tempi della vicenda storica fin quasi alla coincidenza con quelli dello scrittore, e portando alle conseguenze estreme ma coerenti l'affidamento ai personaggi della storia delle passioni, delle illusioni, dei rancori, delle piccinerie, delle generosità della vita. Bakunin, gli anarchici della Coronata di Lugano, le donne che ne sono le amanti, le figure della Bologna della fine dell'Ottocento, i primordi dell'attività politica del futuro socialista Andrea Costa, sono incaricati di portare, per conto del narratore, tutta la sequenza di moti d'animo e di condizioni esistenziali che possano fornire al lettore l'esperienza della vita, potenziata e resa più sanguinosa e anche, a tratti, grottesca, dal fatto che essa è mostrata in personaggi onusti di responsabilità di pensiero, di azione, di organizzazione rivoluzionaria, di servizio dell'ideale, quali la storia ha definito e studiato, lasciando, allora, al narratore l'altra parte, che è quella di scoprire e rivelare i segreti più o meno celati di amori, tradimenti, spionaggi, illusioni, passioni carnali, pettegolezzi. Il romanzo storico diviene il luogo dove le figure della storia sono mostrate nella loro miseria e anche nella loro vitalità umana, negli atti quotidiani, nel risvolto d'anima e di sensi, che gli storiografi sfiorano appena. La storia perde, in questo modo, non il primato, come per il MANZONI, di luogo delle gesta sublimi

e delle imprese eroiche e tragiche, ma la patente di verità assoluta. I "veri" personaggi della storia sono quelli che il romanzo rivela nelle debolezze, negli errori, nelle miserie quotidiane. L'altra storiografia è una finzione, un velo d'infingimento e di mistificazione. Il diavolo al Pontelungo è, tuttavia, un'eccezione. Tutti gli altri romanzi storici del BACCHELLI, di argomento biblico (*Il pianto del figlio di Lais*, *Lo sguardo di Gesù*), romano (*I tre schiavi di Giulio Cesare*) e medievale (*Non ti chiamerò paura*) sono esempi di narrazione esclusivamente erudita. L'invenzione vi è farraginosa e greve, la storia vi è presente come documentazione e scrupolo di esattezza informativa. I confini fra storia e invenzione vengono a farsi esigui, col risultato di far apparire come insuperabile l'obiezione manzoniana sui componimenti misti di storia e di invenzione, né del tutto veri né infiniti tanto da destare più piena partecipazione patetica ed etica nei confronti dei personaggi inventati.

Sembra a un certo punto che il romanzo storico sia ormai una sorta di relitto di genere, se penso ai due romanzi di BONSANTI, *Racconto militare* e *I capricci dell'Adriana*, nei quali la storia non ha molta parte, e piuttosto si può parlare di ambientazione nel passato per l'intento di far risalire quanto più indietro è possibile lo sforzo della memoria di far rivivere luoghi, figure, situazioni remote, suggestive e affascinanti proprio perché appartenenti al passato, non inteso come lo spazio della storia, ma come quello della proustiana ricerca del tempo perduto. L'attualità sembra troppo assorbente e costrittiva, la storia contemporanea troppo ricca di avvenimenti che, per l'ottica erronea che è tipica del secondo Novecento, sembrano fondamentali non soltanto nella ravvicinata prospettiva di chi vi è dentro, ma in assoluto, in relazione con qualsiasi altro periodo storico del passato; e allora se la storia è chiamata a essere protagonista o, almeno, cornice del romanzo, si tratta di quella attuale, legata all'esperienza e spesso alla partecipazione diretta del narratore (*Tre operai* di BERNARI, il PRATOLINI della trilogia italiana, tanto per indicare i confini estremi di tale concezione del rapporto fra storia e romanzo).

Se non che, proprio quando si allenta il consenso del narratore alla storia contemporanea, sia per l'esaurimento della carica ideale che in essa si era riconosciuta, sia per la rapida morte del realismo e del neorealismo come poetiche del romanzo di attualità immediata e di propaganda ideologica, ecco che il genere storico viene a rioccupare spazi di nuovo molto vasti in gara con il romanzo contemporaneo. La storia delle magnifiche sorti che viene a capovolgersi nello scetticismo più o meno radicale nei confronti della lezione che gli avvenimenti e le azioni del passato, secondo la ben nota sentenza, dovrebbero proporre al lettore di quel genere che è il romanzo storico come pedagogia

attraverso gli esempi e i modelli fissati e consacrati dalla storia e da questa resi assolutamente degni d'onore e di ammirazione e forniti della verità che non si può dubitare. Il romanzo realista e neorealista ha avuto, nella maggior parte dei casi, anche nei migliori, la pretesa di offrire la verità non garantita dai documenti e dalle prove oggettive, ma dall'autorità dello scrittore come rispecchiatore della società e dei fatti appena accaduti o che ancora stanno accadendo, a sua volta autorizzato da qualche incarico di superiore o suprema guida che è il partito o anche l'intento di essere "col popolo", con il progresso, con il futuro sul quale non si hanno dubbi, mentre del passato poco s'ha, in fondo, da parlare, in ogni caso non altrimenti che come del tempo, pur lunghissimo, di preparazione al presente di lotta e al dopo di vittoria.

Prima che negli avvenimenti, come spesso accade, nella letteratura si propone l'alternativa alle idee correnti, alle mode, alle parole d'ordine, alle istituzioni e alle fedi. Per questo la pubblicazione de *Il Gattopardo* di TOMASI di Lampedusa apparve come uno "scandalo" per l'egemone cultura di "sinistra", quanto mai conformista e inerte ormai. Il romanzo di TOMASI di Lampedusa capovolge, infatti, l'idea di storia come progresso inarrestabile dall'imperfetto fino alla perfezione della sistemazione del mondo sotto il sole radioso del socialismo: la storia è immobile, i fatti che vi accadono non sono che l'increspatura di un'acqua che, subito dopo, come già diceva il PASCOLI in *Nel carcere di Ginevra*, ritorna uguale; e le apparenze soltanto mutano, mentre la sostanza dei rapporti di potere rimane sempre immobile. Certamente, come si è osservato, TOMASI di Lampedusa aveva davanti come esempio di tale concezione della storia all'interno del genere romanzesco *I Viceré* di DE ROBERTO, con l'analogo, radicale scetticismo intorno al Risorgimento, all'impresa garibaldina, alla costituzione del regno d'Italia. Almeno, nella novella *La libertà*, il VERGA, rifacendosi anch'egli al momento garibaldino della conquista della Sicilia, aveva rappresentato la rivoluzione sociale quale sarebbe stata possibile al seguito del mutamento di regime, e non è stato: la rivolta dal basso, non soltanto il cambiamento di dinastia che non muta per nulla la sostanza dei rapporti sociali ed economici; la distruzione sia dei rappresentanti delle classi egemoni, come gli aristocratici e i ricchi proprietari, sia anche di coloro che costituiscono il supporto del loro potere, come i burocrati e i professionisti. La novella storica del VERGA si conclude nel fallimento di chi ha creduto possibile la rivoluzione, perché i garibaldini, pur con la camicia rossa, si fanno difensori dell'ordine sociale e politico. La lezione della storia è radicalmente disperata, ma non nasce da scetticismo, quanto piuttosto dalla consapevolezza che non c'è nulla da fare, e gli oppressi e i miserabili saranno sempre tali, anche se gli "altri",

per i loro interessi, sono andati a dire che c'è la rivoluzione per fondare la "libertà", che può significare per chi è miserabile soltanto il cambiamento nella gerarchia sociale e nella disponibilità di terre e di denaro e la totale liberazione dai vincoli istituzionali e dai legami imposti da sempre. Il VERGA vuole, sì, raccontare come vana e, anzi, foriera di rovina, secondo l'idea di società che è raffigurata ne *I Malavoglia*, l'azione nella storia per mutare i rapporti di forza e di proprietà, tanto è vero che i capi dei rivoltosi sono subito fucilati da Bixio e gli altri incarcerati, processati e condannati a lunghe pene: ma la ribellione violenta, sanguinosa, anche efferata delle vittime della prepotenza dei "galantuomini" è pure un'interpretazione autentica della "libertà", che per essere non può che essere libertà dal bisogno e dalla miseria, non già liberazione da un regime per istituirne un altro che lasci esattamente le cose come sono state in quello precedente.

Ben più radicale è lo scetticismo di DE ROBERTO nel rappresentare il Risorgimento come la rivoluzione fallita, pura apparenza istituzionale che lascia gli Uzeda sotto la monarchia sabauda nella posizione di potere che essi avevano sotto quella borbonica. Al parlamento nazionale andrà il giovane, abile, intelligente Consalvo Uzeda, non il patriota Giulente che tanto ha rischiato e si è dato da fare per un'autentica fede nella libertà, nell'Italia, nel Risorgimento, ed ha perfino preparato con molta sapienza la campagna elettorale, che servirà a Consalvo per confermare e rafforzare a Roma il prepotere degli Uzeda in un quadro ben più vasto di quello siciliano. Consalvo sa ottimamente come sia necessario mettersi con il vincitore, anzi cavalcarne la sorte propizia, anche se non crede assolutamente in nessuna delle parole che sono state l'espressione dell'ideale risorgimentale e liberale. Verifica in se stesso che la storia non muta che le apparenze e bisogna rivestirsi delle mutate insegne per poter durare come per il passato nella posizione di dominio, senza lasciarsi passionalmente e ciecamente sedurre dal timore del nuovo o dalle vecchie abitudini, come la maggior parte dei parenti, e senza temere di apparire anche audace e pericolosamente vicino a idee di rivoluzione e di cambiamento sociale, quando questo non sia che l'abito esteriore col quale potersi ripresentare a operare e a vivere con gli stessi privilegi e lo stesso potere. Se *I Viceré* sono, non diversamente da *I vecchi e i giovani*, la rappresentazione del fallimento del Risorgimento, nel principe Laurentano diventato quasi socialista e negli altri membri della famiglia, anche in don Cosimo, che conserva la fedeltà ai Borboni e fa alzare ogni mattina, sulla sua proprietà, la bandiera borbonica, c'è un che di tragico e di eroico, di disperatamente eroico, che non impedisce né giustifica i danni, le morti, le rovine, lo scacco, ma impedisce il radicale pessimismo dello scetticismo di fronte alla storia. Il fallimen-

to del Risorgimento è radicale, e nessuno si salva, tranne forse Mauro Mortara, che tuttavia finisce nell'ambiguità di una morte di ribelle invece che di patriota, quale aveva cercato. Ma nella lucida visione di Consalvo Uzeda, c'è la consapevolezza che sacrifici, battaglie, imprese, azioni abiette o eroiche, tutto è senza senso, perché i rivolgimenti che sembrano più profondi in realtà lasciano tutto come prima (e ne *L'imperio* il deputato Consalvo potrà accrescere di disgusto il suo scetticismo di fronte all'arrivismo e alla corruzione degli "uomini nuovi" dell'Italia unita, che proprio nulla di diverso e di sano hanno portato nel Paese).

Il Gattopardo ha come protagonista un aristocratico ugualmente scettico intorno alla storia e ai mutamenti in essa per cui tanto si dànno da fare e soffrono gli uomini, ma il principe di Salina non è cinico e conserva la dignità e il decoro morale della sua classe, e anche la fedeltà alla parola data al suo re Borbone, rifiutando la nomina a senatore del regno d'Italia. Sua è la sentenza che tutto deve cambiare perché nulla cambi, ma delle ovvie conseguenze di tale principio non intende sporcarsi. Se ci hanno da essere "uomini nuovi", ecco perfettamente adatto Calogero Sedara, il borghese arricchito, che non esita a falsificare il risultato del plebiscito per l'annessione della Sicilia al regno d'Italia, pur di poter corroborare la sua candidatura al Senato. Per questo *Il Gattopardo* suscitò reazioni anche violente di condanna e di rigetto. Viene colpito nel romanzo il concetto di progresso inarrestabile e necessario della storia, quale l'ideologia comunista aveva profondamente inciso nella cultura del dopoguerra. L'idea di rivoluzione come trasformazione radicale delle istituzioni e dei rapporti di potere all'interno della società viene ironicamente e con superiore agio intellettuale raffigurata come una mistificazione, un inganno, una menzogna. Al potere, sotto qualsiasi regime, sono sempre gli stessi, anche se una classe può essere spazzata via, ma soltanto perché la stessa oppressione, le stesse prepotenze, le stesse sottomissioni, le stesse condizioni di vittime ritornino intatte sotto il nuovo regime. Il principe di Salina sa che è vano cercare di operare nella storia. Il colonnello Pallavicino fa sparare a Garibaldi, al conquistatore del regno del Sud, al liberatore della Sicilia, perché ha esagerato nella sua pretesa di mutamenti; e si trova applaudito dall'alta società di Palermo, raccolta intorno all'emblema della ricostituzione dell'ordine, dopo il primo momento di timore che l'impresa garibaldina potesse condurre a qualche rivolgimento reale. Ciò che è vero nella storia sono i morti che essa costa: come il soldato borbonico venuto a morire nel giardino del principe, che ha mescolato il puzzo della putrefazione con quello dei fiori troppo carnali della matura primavera palermitana; e così tutti gli altri morti, quelli finiti nei pozzi

della campagna di Donnafugata, la "reliquia" di Bendicò buttata via con gli altri resti del passato alla conclusione del romanzo; il principe stesso che avverte la venuta della morte e la riconosce e la guarda con l'infinita malinconia del suo disincantato amore della vita.

Contro la storia che è sempre uguale nel rapporto fra padroni e servi, per cambiamenti che ci siano nelle dinastie e nelle istituzioni, irrimediabile è la tragica sequenza delle morti, che costituiscono la vera risultanza di tanto agitarsi e affannarsi, quella contro cui si urta continuamente, come la sola immagine autentica, irrimediabile, incancellabile, ossessiva.

Come per il PASCOLI, la storia come avanzamento, progresso, conquista, figura e forma del futuro, è negata dalla morte che ne rappresenta il residuo conclusivo in ogni momento del suo svolgersi, il risultato, il reale attingimento contro tutte le illusioni e gli inganni. Il romanzo storico diventa così la lezione, nel passato, di quel nulla e di quella vanità delle speranze e delle azioni storiche che il presente offre come attese e illusioni, e che devono essere demistificate e rivelate, a contatto con analoghe situazioni del passato, nella loro inutilità radicale (senza la prospettiva religiosa del MANZONI, che indica, sì, la vanità del milione di morti, dell'atroce sacco di Mantova, di tutte le sofferenze della guerra di successione mantovana, che ha avuto come risultato di lasciare in Mantova il principe che già c'era e per cacciare il quale tutta la guerra era stata messa in moto, ma nell'ottica del giudizio di Dio sull'ingiustizia e sulla ferocia degli uomini, che volgono gli eventi della storia con la legge esclusiva della violenza e della sopraffazione). Il romanzo storico diviene la forma della denuncia dell'inutilità dell'operare nella storia: i personaggi di invenzione sono strettamente funzionali, sia pure all'interno di un'arte narrativa particolarmente alta e sapiente, rispetto alla visione nullificante della storia, che non è il luogo della verità oggettiva, ma quello del trionfo della morte, del nulla, del non significativo se non della vanità dell'agire e del fare. Alla storia, che è inevitabilmente nemica per le vane illusioni che fa sorgere a danno dei vinti, degli oppressi, dei perseguitati di sempre, con i sussulti di orrore e di morte che porta con sé, non si possono opporre che la disincantata saggezza del principe astronomo, che trova la compensazione dell'inutile agitazione della storia nello studio dei moti sempre uguali degli astri, il lucido scetticismo sul nuovo, la fedeltà all'antica dignità dei princìpi morali. Il romanzo storico si ripropone come epica del fallimento e della morte, non diversamente da quanto era accaduto ne *I Viceré* di DE ROBERTO e ne *I vecchi e i giovani* di PIRANDELLO, ma con una radicalità più cupa e ironica, estranea al cinismo di Consalvo Uzeda e alla disperazione di Lando Lauretano.

Dopo Tomasi di Lampedusa, il genere finisce a invadere spazi sempre più ampi. Non ci sono età storiche che non siano interessate: e l'elencazione diviene esorbitante, dal medioevo germanico di Chiusano (con Corradino) a quello bizantino di Malerba, dalla Spagna della guerra civile ancora con Chiusano al Settecento siculo-napoletano di Dacia Maraini, dai tempi di Papa Della Genga di Serantini a quelli di Gioacchino Murat di Roversi, dal più generico medioevo fantastico e picaresco di Malerba al 1889 di Morselli, dal Manzoni di Ulivi ai moltissimi racconti e romanzi su Gesù o sugli altri personaggi dei tempi di Gesù (Ulivi, di gran lunga il migliore, Festa Campanile, Bonanate, ecc.), dai Romani di Monelli alle guerre di religione del Cinquecento di Barlassina, dall'Ottocento veneto di Bartolini al Risorgimento della Banti, che però, nei racconti, allarga una raggiera di tempi quanto mai varia, fra la fine dell'impero romano d'occidente e la barocca Roma di Artemisia Gentileschi (e la Roma di Urbano VIII è pure tema di Festa Campanile, e Roma, sia pure di qualche decennio posteriore, ma sempre ancora barocca, è di Desiato, che racconta anche di Ovidio in esilio a Tomi, accanto alla Milano secentesca di Majellaro e al Novarese di Vassalli, contemporaneo delle storie manzoniane, la Venezia musicale di Benedetto Marcello e la Roma conquistata dai Goti; e Tomizza aggiunge il Friuli, l'Istria, Venezia durante la Riforma, la Sanvitale la Vienna della Restaurazione, molta Venezia settecentesca e decaduta Ongaro, la Lagori i secoli di Cherasco, Stanislao Nievo l'Ottocento dell'avo, Parazzoli la Milano della peste manzoniana, la figura del Manzoni ancora Pomilio, Genova e il retroterra attraverso i secoli la Salvago Razzi, l'Ottocento austriaco nel Trentino in alternativa con i garibaldini la Bossi Fedrigotti. L'elenco potrebbe continuare: qui non ho voluto certamente esaurire la quantità ingente di opere che nell'ambito storico gli ultimi decenni hanno generato, con una costanza che non ha conosciuto intervalli né soluzioni di continuità.

Il fenomeno della moda del sottogenere storico può essere certamente avvicinato alla molta fortuna delle biografie, delle raccolte di lettere, diari, documenti, memorie, confessioni di personaggi più o meno significativi del passato, delle opere di divulgazione storica (e spesso, infatti, i confini fra romanzo, cioè reinvenzione della storia, e ricostruzione più o meno storicamente documentata sono difficili da cogliere per la precisa scelta da parte degli scrittori di una posizione ambigua fra i due generi), di tutto ciò che riracconta quello che è accaduto nel tempo, sia anche a brevissima distanza d'anni. Ma il fatto è che nello stesso periodo il romanzo contemporaneo appare decisamente in regresso quanto a impegno di rappresentazione e interpretazione del nostro tempo, e anche quanto a forza di creazione, di rivelazione, di messaggio, di sogno, di

visionarietà. Si possono, allora, avanzare alcune ipotesi di spiegazione. C'è, anzitutto, l'approfondimento sempre più netto del solco che divide l'esperienza contemporanea da quelle del passato, a causa della perdita di credibilità, di fervore, di possibilità di sviluppo del presente, nella consapevolezza più o meno confessata che il futuro è muto, perché tutte le attese si sono rivelate fallaci e la storia non ha affatto portato a un reale mutamento, né in Italia né nel mondo, dove continuano a ripetersi le guerre locali, i massacri, i colpi di stato totalitari. Ma c'è qualcosa di più: il fatto, cioè, che la fine delle illusioni, se non lateralmente e come per sfuggita, non può essere oggetto di narrazione perché l'ideologia ufficiale della sinistra ha continuato fino a ieri a presentare le immagini del già attuato trionfo del socialismo in Unione Sovietica e del necessario sviluppo, in prospettiva, del mondo verso l'affrancamento dal capitalismo e l'istituzione di regimi popolari. Al contrario di DE ROBERTO e di PIRANDELLO, la delusione storica è oggetto narrativo da trattare con prudenza, senza toccare la sostanza del prospettivismo storico della sinistra e senza soprattutto mancare mai di esporre bene e male chiaramente identificati nel socialismo e nel capitalismo, in astratto, come sempre più in astratto si propone come momento storico e ideologico del tutto negativo il Fascismo. L'invenzione, a questo punto, all'interno dell'età presente viene ad avere scarso spazio: e allora ecco la risalita nel passato, in quella storia dei secoli lontani che, come dice il pirandelliano Enrico IV, non duole più, perché tutto vi è evidente, ben sistemato, e nulla di nuovo può intervenire a ferire e a rimettere in moto il gioco crudele degli eventi (e della vita).

C'è, in più, un'altra considerazione che, proprio in seguito al fallimento delle attese della storia, il presente appare destituito di valore, ma lo scrittore oggi, con tutti i discorsi che si sono fatti sulla necessità di desublimare la letteratura, non è più in grado di proporre paradigmi alti per opposizione (come fece, per esempio, il FOGAZZARO di *Piccolo mondo antico* nel tempo della delusione risorgimentale) o modelli eroici di ribellione alla mediocrità del presente (come D'ANNUNZIO). Il presente si mostra, allora, come lo spazio della mediocrità definitiva; e allora il narratore ecco che cerca di risalire nel tempo, sia per ricercare le radici di tale condizione appiattita e invilita della storia e della vita, sia per indagare se altrove ci furono uomini e idee invece esemplari (o anche per verificare che tutto è sempre ugualmente tetro e negativo, e non c'è nessuna possibilità di conforto e di riscatto, neppure andando a ispirarsi, come l'ALFIERI o l'Omero di FOSCOLO, sulle tombe degli eroi e dei grandi uomini del passato).

Ma il genere storico ha offerto, in tutti questi ultimi decenni, soprattutto un contenitore: molto meno, cioè, del senso tragico della vanità

della storia, dell'insensatezza di ciò che vi è accaduto. È stato il contenitore di vicende già in buona parte confezionate e non problematiche per quel che riguarda personaggi, fatti, costumi, ambientazioni. Se il presente appare non tanto insignificante quanto di troppo difficile identificazione di valori e senso, il passato non offre, a questo proposito, problemi, né dal punto di vista della costruzione narrativa, né quello dell'invenzione dei casi. Il rapporto fra storia e invenzione è messo decisamente da parte. Il narratore indica il tempo storico della narrazione senza poi preoccuparsi troppo dei particolari del quadro all'interno della cornice. L'interesse deve nascere dalla diversità dei tempi storici, che incuriosisce di per sé, senza bisogno di troppe aggiunte; né importa molto che i personaggi d'invenzione siano esattamente identificabili, facendo parte dell'opportuna mascherata in costume. Come contenitore, poi, il romanzo storico può assumere all'interno i personaggi anche più celebri, inventando con perfetto arbitrio non soltanto la loro vicenda quotidiana, ma anche tutta una serie di atti, parole, moti, situazioni, che i documenti non giustificano per nulla (e i romanzi che si svolgono intorno a Gesù o con Gesù come presenza implicita sono esempi particolarmente negativi di tale modo di trattare la storia e l'invenzione all'interno del genere).

Ecco che, allora, si può rilevare un'altra ragione della fortuna del romanzo storico: sorvolata la rappresentazione, troppo difficile e problematica, del presente, rifuggiti il dolore, le violenze, le asprezze, le corruzioni, la parodicità oggettiva che figure ed eventi rappresentano nella vita di oggi, la storia finisce a essere un luogo neutrale, che non comporta responsabilità di idee da parte dello scrittore. Il romanzo storico viene a negare proprio la funzione di ammaestratrice della storia e la concezione che ogni storia è sempre storia contemporanea, che parla di uomini non diversi da quelli dell'oggi, onde attraverso le loro azioni, i loro sentimenti, le loro idee, le loro passioni si conosce più a fondo se stessi e il proprio presente e meglio si comprendono le forze che vi operano. Se queste sono più o meno decisamente negate come ancora attive e significative, allora il romanzo di argomento storico viene a essere un puro intrattenimento, ma posto sotto il segno magnificante e dignificante della storia, con tutto l'alone di autorità e di valore che i vari storicismi le hanno attribuito. In più, anche le forme più corrive della letteratura possono essere contrabbandate: come l'insistenza sulla violenza, le modalità anche aberranti e trasgressive del sesso, gli amori più patetici, la quotidianità più ripetitiva; ma dando a tutto questo, che sarebbe (ed è) insopportabile in un romanzo contemporaneo, la nobilitante patina del passato. L'alternativa, che il romanzo storico è stato (e in qualche caso ancora è) rispetto all'appiattimento nella pre-

sunzione di sublimità e di significanza assoluta del presente come unico luogo del reale e del vero, viene a perdersi, o, meglio, a diventare pura apparenza. Non potendo adattare il presente all'invenzione per la debolezza di questa nella sequenza ormai infinita e ripetitiva dei romanzi quasi presso che unico genere creativo ammesso editorialmente e criticamente, è senza dubbio più agevole adeguare il passato alle esigenze di intrattenimento e di fortuna editoriale della scrittura narrativa.

Le eccezioni sono davvero poche: e penso, per esempio, al doppio Manzoni di Pomilio e di Ulivi, ma anche agli altri romanzi storici di Ulivi, che supera i limiti del genere attraverso il sondaggio di quanto la storia non può in nessun modo prevedere e conoscere, cioè le anime, con il loro mistero che si ripropone sempre nuovo nel tempo, si tratti di figure illustri oppure anche di comprimari e di figure minori e quasi inventate, come in *E le ceneri al vento*; e allora proprio i personaggi che hanno appena sfiorato eventi o vicende decisive o clamorose della storia possono essere chiamati a rendere ragione delle ferite e delle trasformazioni che esse hanno determinato negli uomini e di cui non rimane traccia nei documenti; e il discorso delle anime viene a proporre l'altra faccia, misteriosa, impensabile, incalcolabile della storia stessa, quella che non lascia traccia nei libri degli storici, ma appare decisiva, invece, per chi vi è stato parte o ne è stato anche soltanto sfiorato. In sostanza, il romanzo storico viene a cercare uno spazio alternativo rispetto a quello di storia e di invenzione del dilemma teorico manzoniano. L'oggetto della narrazione, sì, appartiene alla storia, ma a quella parte che la storia stessa, secondo l'ironica considerazione del Manzoni, è costretta a immaginarsi, non potendola conoscere con i propri strumenti specifici. L'invenzione è la conoscenza delle anime al di là o al di qua dei fatti: ma sono pure personaggi che appartengono alla storia e non sono stati per nulla creati dallo scrittore. È la stessa interpretazione che del genere dà Stefano Jacomuzzi ne *La storia dell'ultimo giorno*. L'invenzione non è più alternativa e, anzi, oppositiva nei confronti della storia, perché si esercita all'interno della catalogazione dei personaggi storici, come aggiunta, ma nell'ambito della competenza e dell'autorità delle figure della storia (come il frate riformatore), mentre dei personaggi veramente storici ciò che è oggetto di rappresentazione non sono tanto le azioni, ben note a opera degli storiografi, ma le anime. Allo stesso modo, ne *L'alba dell'ultima sera* Ulivi, sì, parla di Gesù, ma questi non è mai nominato, né si comprende, se non per allusioni un poco ambigue, chi sia la figura strana ed enigmatica che appare all'uomo disperato e solitario nel deserto, colpendolo così a fondo nell'anima. Il racconto si svolge, appunto, intorno a tale anima, quanto profondamente sia modificata dall'incontro straordinario,

del quale neppure essa si rende del tutto conto, né sa bene con chi sia accaduto. È il modo di superare il rischio del genere come contenitore di varia avventura e di comuni vicende che la patina storica deve semplicemente rendere più interessanti agli occhi del lettore, e anche di ritrovarsi alle prese con la contrapposizione di personaggi storici e di personaggi d'invenzione fino a formarne due categorie poco confrontabili, tanto da rendere faticosa e contraddittoria, convulsa e poco fluida la narrazione.

In altri casi, lo statuto stesso del genere è preventivamente messo in discussione, fino a negarlo nell'atto stesso in cui lo scrittore lo assume come proprio. È quanto accade nella trilogia degli antenati di CALVINO. La guerra dei Trent'anni, l'illuminismo e la fine dell'*ancien régime*, la lotta fra cristiani e musulmani sul modello dei poemi cavallereschi, contengono la storia come favola o allegoria, non come effettivo riferimento di tempo narrativo entro cui il romanzo cerchi il suo significato o, comunque, i suoi motivi di attrattiva e di intrattenimento. In realtà, i tre romanzi di CALVINO mancano proprio della dimensione del tempo storico. Sono racconti metafisici e fantastici, nei quali la storia è semplice gioco e svolazzo di sfondo, onde meglio insaporire il narrare (come il visconte dimezzato diviso in due in una ferocissima battaglia, oppure la mongolfiera che si porta via l'ormai vecchissimo Cosimo come per un'assunzione in cielo o, ancora, come il cavaliere inesistente che è soltanto vuota armatura che combatte e si muove in una guerra rituale, che non ha più senso e ragione, allegorico riferimento alle contrapposizioni politiche del nostro tempo, con tanti cavalieri che si battono per le magnifiche sorti e non esistono più come vita e uomini, ma sono puri involucri del nulla). Fra i personaggi, che sono tutti d'invenzione, può comparire qualche figura storica o qualche altra persona lì sbarcata da altri libri: ma non sono che le forme più rilevate del gioco della storia che CALVINO ha costruito, prendendo a modello quel romanzo filosofico del Settecento che è costruito con materiali della storia e dei viaggi esotici, ma proprio per negare ogni significato esemplare alla storia, la misura stessa del tempo, la coscienza del documento, e per sforzarne piuttosto le citazioni verso la parodia della ragione che la storia è come luogo dell'assurdo e dell'insensato, della violenza e della bizzarria, onde il meglio che si possa fare è coltivare il proprio giardino o farsi portar via dalla storia stessa su una mongolfiera pur di non venire meno all'impegno di non scendere più dagli alberi.

La storia diviene esclusivamente allegoria e, insieme, dal punto di vista più specificamente narrativo, gioco combinatorio e avventura del sogno fatto con la vigile custodia della ragione: quello che anche SCIASCIA pone come spazio dell'uso che egli fa del genere del romanzo

storico. La controversia liparitana, la morte dell'inquisitore, il consiglio d'Egitto, i pugnalatori, sono gli esempi scelti per poter cogliere e discutere l'irrazionalità della storia, le vergogne che comporta, i tradimenti che determina, i fallimenti morali e politici quando i fatti vengano misurati alla luce della settecentesca ragione. SCIASCIA cerca di mettere insieme due componenti inconciliabili all'interno del suo romanzo storico: la lucidità del giudizio razionale nelle valutazioni etiche, e l'assoluta disperazione che mai la storia possa avere partorito giustizia, chiarezza, verità, ordine morale. L'illuminista riformatore alla luce della ragione, ne *Il Consiglio d'Egitto*, viene condannato a morte e giustiziato. Non c'è spazio, nella storia, per la ragione. Le tortuosità, gli inganni, le truffe, le disonestà finiscono, allora, a essere i segni della storia che più profondamente interessano al narratore, curioso dei documenti che contengono questi aspetti abietti e vili o infinitamente tragici e amari della storia. Il romanzo storico (come anche quello contemporaneo, soprattutto quando argomento ne siano la mafia e la corruzione politica) è il luogo della non ragione raccontata negli esempi che si sono fissati nel documento del passato, si tratti del tardo Settecento siciliano o dell'età barocca o dell'indomani dell'impresa garibaldina. La storia vi si rappresenta negli aspetti e negli eventi minori e minimi, per uno scetticismo di fondo nei riguardi degli eventi maggiori e decisivi, in quanto questi hanno come alternativa, tuttavia davvero rivelatrice, i piccoli avvenimenti di menzogna e violenza ingannatrice, che ne rilevano la sostanziale irrazionalità, l'insensatezza riguardo a un progresso che non c'è, a una trasformazione dei rapporti di forza che non avviene mai e, anzi, è addirittura improponibile razionalmente, poiché tutte le forze politiche, anche quelle di opposizione, sono complici del male della storia. Il pessimismo di SCIASCIA, a differenza di quello di DE ROBERTO e di TOMASI di Lampedusa, è dettato non dalla coscienza delle vanità dell'agire storico, ma dalla divaricazione enorme che esiste fra la ragione e le azioni degli uomini. Il romanzo storico e quello contemporaneo finiscono a coincidere nell'uguale ambiguità di ogni cosa umana nelle tenebre della non ragione che avvolgono i tempi e i luoghi degli uomini, da sempre e per sempre. È l'annullamento della distanza di genere fra i due tipi di romanzo. La mafia e la corruzione politica sono condizioni fondamentalmente metastoriche. La storia, nel momento in cui è narrata con minime concessioni a personaggi d'invenzione, è il rifugio e, al tempo stesso, l'amara, disperata conferma del pessimismo più radicale. Se sempre le cose sono andate fra inganno e prevaricazione, allora il nostro tempo non è né peggiore né migliore degli altri, e si può continuarvi a scrivere, a malgrado di tutto, cercando di capire con la lucidità della ragione i motivi e i modi del compor-

tamento degli uomini. La storia è una perpetua insensatezza: e allora il romanzo può trascorrere dal presente al passato alla ricerca di occasioni per applicare le regole della razionalità e mostrare ogni volta come non abbiano obiettivamente luogo, in nessun tempo, in nessun luogo, mai, e allora a poco a poco rinunciare all'invenzione, diventare commentatore soltanto di documenti, analizzatore di equivoci e di ambiguità senza speranza.

Il gioco calviniano intorno alla storia riguarda piuttosto MORSELLI che il pur tanto illuminista SCIASCIA, che è proprio del tutto negato all'ironia, e se usa il grottesco, è quello cupo e amaro del trionfo della morte e dell'inganno. *Divertimento 1889* è l'esempio più caratteristico dell'idea del romanzo storico come discorso sul possibile a proposito di personaggi che nella storia hanno avuto qualche parte, nel caso del romanzo il re Umberto I e qualche figura di corte. Non c'è nessuna lezione da ricevere, e neppure sono in gioco fatti decisivi o, comunque, significativi per le sorti del mondo o, almeno, di uno Stato. È, semplicemente, un'avventura amorosa del re con la discendente della più celebre famiglia tedesca di industriali dell'acciaio e degli armamenti, che il fatto sia o no vero non ha nessuna importanza. Il gioco ironico mirabilmente deriva dall'attribuzione a personaggi storici di azione e avventure comunissime, che non costituiscono in sé assolutamente nulla di degno di essere tramandato dalle storie (al massimo dai biografi più pettegoli). Il possibile della storia, a cui dà la sua attenzione narrativa MORSELLI, è quello più insignificante rispetto alle sorti della storia medesima. L'ironia consiste nell'enorme iato che il narratore crea fra la storicità dei personaggi e la quotidianità dell'avventura amorosa. Allo stesso modo in *Contropassato prossimo* il romanzo è costruito sull'ipotesi dell'attuazione di un possibile rispetto a come nella realtà sono andate le cose (nella prima guerra mondiale). Gli Austriaci vincitori per fantasticate trovate della fortuna e le conseguenze che ne derivano vogliono essere gli esempi della contrapposizione più radicale, all'interno del genere del romanzo storico, fra lo spazio dell'invenzione, che è della letteratura, e quello della documentazione e della realtà (il MANZONI parlava di "verità") della storia. Il genere viene a perdere proprio l'aspetto fondante e di base, cioè la storia; e il possibile nella storia non è altro, anche aristotelicamente, che il dominio della letteratura che, scegliendo una delle infinite possibilità degli eventi, nega il preciso, il concreto, il vero, ciò che è accaduto, ciò che è reale e consegnato per sempre ai documenti e al racconto degli storiografi, onde rimettere in moto proprio quel dolore, quelle pene, quelle angosce per ciò che sarebbe potuto avvenire e non è stato, tutto quello, cioè, che il grande rifugio della storia di solito ha definitivamente sospeso, né, nella nuova situa-

zione tutta inventata, i personaggi d'invenzione hanno più rilievo e significato di quelli storici spogliati del loro destino, della loro condizione, del risultato reale delle loro azioni. Non si può più ipotizzare un lieto fine per i personaggi d'invenzione, perché non si sa più, nella non più ferma certezza della storia, quanto abbiano potuto ottenere a malgrado delle guerre, delle carestie, delle prepotenze dei potenti, delle pesti, o se quanto nel romanzo è capitato è stato meglio o peggio per loro di quello che è realmente accaduto nella storia, anzi neppure, essendo cambiato il meccanismo dei fatti, è possibile indicare quale possa essere il lieto fine desiderato. L'ironia rivela nei romanzi di MORSELLI l'intento dissacratorio nei confronti della storia in quanto oggetto di narrazione quale componente del genere romanzesco che unisce, appunto, storia e invenzione. Della storia non è possibile dire se non prendendosene gioco.

Dei lettori di romanzi storici, non meno che della storia, si prende gioco ugualmente Umberto ECO ne *Il nome della rosa*. ECO accumula dati, notizie, concetti, discussioni filosofiche e teologiche, sull'esile traccia dell'investigazione più o meno poliziesca. Dà un'immagine di enorme serietà al suo gioco. Neppure le storie del monastero germanico del tardo medioevo è reale: anzi, è totale invenzione. Ma gli elementi della narrazione sono volutamente ambigui, un poco veri e un poco bene inventati, onde quanto sia storia e quanto invenzione non è problematico all'interno della vicenda, che è, invece, con totale chiarezza frutto d'invenzione, bensì all'interno dell'erudizione e dei documenti, che dovrebbero, invece, essere certissimi. Ma ECO intende anche mostrare come l'intera storia non sia affatto il luogo del provato e del certo, ma piuttosto lo spazio dell'opinabile, dove gli avvenimenti e le azioni rispondono non all'oggettività del documento, ma ai meccanismi della narrazione letteraria. Il romanzo storico è possibile soltanto se, prendendo come argomento il passato, lo inventa a proprio piacimento, sottoponendo i fatti alla forza creativa della letteratura, ma regolata, tuttavia, questa, dagli schemi della narratologia, non dalla norma e dal rigore storiografico. Il genere si reinventa, negando totalmente se stesso, e così respingendo anche ogni compromesso con la moda del romanzo storico come semplice contenitore in cui la storia vale soltanto come suscitatrice di maggiore interesse e attenzione da parte del lettore e come alone culturale che seduce e avvince, fingendo veramente accaduti nel tempo degli eventi che sono di sempre, del tutto indifferenti alla dimensione della storicità.

Ne *Le armi gli amori* TADINI scrive il romanzo storico più radicalmente alternativo rispetto al genere codificato fra Settecento e Ottocento e tanto di moda nei nostri anni non meno che alle origini. Senza l'ironia

e il gioco di cui si allegra MORSELLI, TADINI racconta il possibile in alternativa all'accaduto, al vero. Carlo Pisacane cospiratore mazziniano, il ricco aristocratico che progetta la rivoluzione non soltanto per attuare il Risorgimento e l'unità d'Italia, ma per trasformare a fondo la società, partendo dal Cilento e dalle campagne più povere e oppresse, è il protagonista che, contemporaneamente a quella reale e storica, vive anche altre vicende parallele, con amori, matrimoni, rifugi tranquilli nel Nord e in Svizzera, un saggio e sereno invecchiamento nella lucidità delle idee, tuttavia non messe in gioco nella prova dell'azione, mentre l'altra storia, quella risorgimentale, va avanti regolarmente secondo i ritmi ben conosciuti dalla storia stessa, a dimostrazione che ogni azione che l'individuo anche eroico vi compie non vi provoca proprio nessuna conseguenza, e tutto si svolge e si conclude come è fatale che debba essere, oppure come il caso porta o i rapporti di forza politica e militare. Pisacane può sbarcare a Sapri e può tenersi fuori dell'azione nella teoria della rivoluzione, può scegliere la vita con le avventure che comporta e può immergersi nel cuore oscuro del Sud contadino e testimoniare con la morte atroce, a opera dei contadini sobillati dai preti e dalle autorità, l'inutile, ma per lui necessaria scelta della verità, della dignità, dell'eroismo tanto maggiore quanto più si sa vano. Il romanzo racconta le molte possibilità del personaggio, da cui acquista, allora, migliore rilievo ciò che effettivamente ha compiuto. Ma non questo conta in assoluto più delle altre eventualità che sono narrate da TADINI di ben diversi processi di vita, di pensiero, di partecipazione non traumatica, ma intellettuale alla storia. Il romanzo ha, sì, il fondamento storico del protagonista Carlo Pisacane, della sua vicenda di rivoluzionario, ma poi si sviluppa come narrazione del possibile che sta intorno, come disposto a raggiera, al fatto realmente accaduto. Questa apertura della storia sull'orizzonte amplissimo, indefinito, del possibile viene a essere la fondamentale innovazione moderna del genere, tanto da comportare il definitivo superamento della dicotomia teorica del MANZONI fra storia e invenzione apparse inconciliabili e, in molta misura, nemiche. La storia come la vita sono ipotesi. Tutto può essere, in ogni momento, diverso da come si prevede o da come si sa che è stato. Tocca al narratore porre i suoi personaggi di storia e d'invenzione davanti alla raggiera dei possibili, cioè alle esistenze che avrebbero potuto vivere e alle azioni che avrebbero potuto decidere di compiere e all'interno di esse guidarli secondo le idee, le anime, gli intenti via via diversi. L'ambizione è scrivere il romanzo dei possibili della storia e della vita, che coinciderebbe con la totalità del narrabile. Nella misura del romanzo, il narratore può dare un saggio di tale totalità, tuttavia in ogni momento rinviando all'orizzonte complessivo. Carlo Pisacane è l'eroe tragico di una rivo-

luzione paradossale, perché coloro a favore dei quali viene tentata la rifiutano e, anzi, perseguitano a morte proprio i rivendicatori della loro libertà, che li vogliono riscattare dalla loro miseria, ed è inoltre nello stesso tempo l'intellettuale lucido e preciso che vive la sua esistenza d'amori e di pensiero nell'aura aristocratica delle sue origini; ed è anche gli altri personaggi alternativi che gli è possibile incarnare nella sua potenzialità umana e storica. I fatti rimangono fermi nell'oggettività della storia, ma sono il momento conclusivo di uno di quei possibili che il narratore ha raccontato.

Quella di TADINI è la più radicale innovazione di struttura e di linguaggio all'interno del genere del romanzo storico. Roberto PAZZI vuole, invece, raccontare l'alternativa alla storia che sono il sogno, la visione, l'allegoria dell'anima. Tutti i romanzi storici di PAZZI più o meno direttamente sono l'evocazione della faccia segreta della storia, di tutti quei moti e intuizioni e tensioni e passioni umane che, nel momento in cui sono narrate, costituiscono la negazione, anzi la cancellatura della storia, si tratti dell'ultimo zar Nicola II oppure del figlio di Cesare e di Cleopatra Cesarione o di Tiberio e Gesù, o di altri personaggi ancora delle storie. Il riscatto dall'orrore della storia si può avere soltanto nell'atto del narratore che svela il viaggio del reggimento fedele allo zar per le sconfinate foreste e pianure, oppure quello di Cesarione verso una patria alternativa quanto improbabile rispetto alla propria, nella quale è atteso per essere ucciso dai convertiti ai nuovi padroni di Roma. E la morte di Nicola II e della famiglia imperiale nel massacro compiuto a Ekaterinburg dalle guardie rosse può essere allora sublimata nell'allegoria della fine della dignità e del valore del potere come immagine di Dio, onde la natura stessa viene convocata a partecipare di tale conclusione tragica. La storia è il luogo dell'orrore, dei tradimenti, della ferocia: e allora il narratore le contrappone il sogno, la visione, l'infinito alone della vita delle anime intorno i casi triti e crudeli che la storia accumula nei suoi depositi sanguinosi, a opera dei suoi abietti e confusi attori. Il romanzo storico ha senso soltanto in quanto prende posizione in alternativa di quella storia che ha richiamato come momento iniziale, occasione e spunto della sua invenzione. Di fronte alla fiducia nella verità della storia come saldo ancoraggio del certo e dell'accaduto rispetto all'arbitrarietà della letteratura nelle sue creazioni di personaggi e di vicende, quale fu tipica dello storicismo romantico come dei molti storicismi successivi, sta l'idea che la storia non è sopportabile nell'orrore che è e nel dolore che continuamente presenta come proprio carattere, se non ne è narrata l'opposta via di fuga nell'anima e nel sogno, oppure se non ne è demolita narrativamente proprio la certezza.

Il punto estremo della disperazione della storia che non ha in sé nessun riscatto né può pretendere nella prospettiva dei tempi valore e significato si ha in un altro dei grandi romanzi storici del Novecento: *Il resto di niente* di Enzo STRIANO. La protagonista è Eleonora Fonseca Pimentel, la protagonista della breve vicenda della Repubblica Partenopea sotto la conquista francese, e la vittima, poi, della cieca repressione del restaurato re borbonico nel 1799, ma anche l'intellettuale raffinata, l'arcade, la giornalista, la non felice discendente di una nobile famiglia portoghese impoverita nell'esilio italiano, colei che anche nella vita fa le scelte sbagliate quanto generose e vane. "il resto di niente" è quanto riceve dalla storia, grottescamente e tragicamente rilevato dalla morte in piazza, per impiccagione insieme con gli altri patrioti, nel modo più abietto e spregevole, che offende la dignità delle vittime e ancor più quella di Eleonora in quanto donna, che in questo modo è spogliata della possibilità di essere un'esemplare e solare e sublime eroina tragica di fronte alla morte per le proprie idee, affrontare coraggiosamente, e contro la viltà del re che viene meno alla parola data pur di poter cancellare i patrioti anche dal rispetto della gente e (spera) dalla memoria dei posteri. Chi rimane intatto e sicuro è il popolo che è fuori della storia, i Lazzeri di Napoli, che hanno rifiutato l'appoggio alla Repubblica Partenopea e alla fine, crudeli e cinici, sono sempre i padroni della città, sicuri da ogni autorità. La rivoluzione è fallita ancora una volta: ma perché inconciliabili sono storia e vita, e i rivoluzionari non lo capiscono, e nulla concedono o per nulla si preoccupano della vita, perduti, come sono, nelle loro utopie d'intellettuali. Dalla partecipazione alla storia si ricava il resto di niente: meno ancora che niente. Il narratore si assume il compito di rappresentare proprio questo meno che niente: la vita di Eleonora, i sentimenti, i progetti, i fallimenti, la dignità tante volte ferita, la morte. Ma quello che conta è proprio questo niente. Si può guardare con orrore la storia e tutto quello che hanno comportato gli eventi che vi sono accaduti, soltanto dal punto di vista dello scrittore che si liberi dai condizionamenti ideologici, e non tema di giudicare altrettanto vana la giacobina Repubblica Partenopea che il regno borbonico, i Francesi e gli Inglesi, tutti i vincitori di un giorno costretti prima o poi a riapparire sulla scena negli abiti degli sconfitti. Il romanzo storico viene, allora, a proporsi, per Striano, come la presa di coscienza dell'inutilità della storia e della vanità dei progetti che in essa sono compiuti. Giudicando la storia, si può rivelare e custodire il disperato resto di niente che essa lascia a chi vi sia implicato, attore o vittima che sia.

È un'altra rivincita della letteratura contro la storia, ma anche contro l'uso della storia in mai tante opere narrative di questi ultimi decenni,

che nei confronti della storia come oggetto di rappresentazione narrativa non prendono posizione, al tempo stesso e nello stesso modo non assumendo nessuna parte precisa nei confronti del genere e della scrittura narrativa. Soltanto mettendo davvero in gioco la storia nel confronto col potere della letteratura di scendere nel significato ideale, e non ideologico, degli eventi, il romanzo storico può riproporsi con un suo statuto significativo entro l'enorme produzione romanzesca che ogni anno invade il mercato. Il problema è di quelli fondamentali, e sempre più si è acuito nel momento in cui la storia ha lasciato una volta di più con il resto di niente sia coloro che ci avevano creduto sia coloro che, come sempre, ne erano stati e ne sono le vittime. Soltanto scomponendo, ironizzando, confrontando la storia con il sogno e il possibile o con il nulla che lascia dietro a sé, si può istituire un rapporto di comprensione e di illuminazione con la storia stessa. La letteratura è in grado, essa soltanto, di rivelare il marcio di tutte le Danimarche di tutti i tempi, remoti e recenti, insieme con la non esaustività della storia stessa per la comprensione e l'interpretazione del mondo. La letteratura opera la ferita profonda nella pretesa della storia di essere logica e razionale, nella presunzione della necessità della concatenazione infinita di cause e di effetti. CALVINO, STRIANO, PAZZI, TADINI, MORSELLI e gli altri hanno fatto oggetto dei loro romanzi proprio questa ferita, che è anche il giudizio intorno a chi fa della storia il proprio dio e lo adora, nella letteratura come nelle idee.

In questa prospettiva il romanzo storico non è certamente né un modo di parlare del presente per lo strumento avvincente e interessante del passato, né l'impegno di ricostruzione di tale passato per la migliore conoscenza del presente, né semplicemente la risorsa di una scrittura letteraria esaurita e fiacca e incapace di affrontare le contraddizioni, le tragedie, gli inganni, gli orrori, i fallimenti del presente: ma è, al contrario, un discorso sulla storia in universale (e l'universale è, appunto, lo spazio della letteratura, aristotelicamente) che è anche la presa di coscienza liberatrice nei confronti della storia come luogo dei significati e dei valori. Di fronte, nella specificità della letteratura come alternativa ideale rispetto all'esistito e all'esistente, sta tutta l'altra infinita esperienza di sogno, di visione, d'anima degli uomini, che la storia cerca continuamente di cancellare in quanto non funzionale rispetto ai propri fini, anzi a essi d'ostacolo. Scegliendo il genere del romanzo storico, lo scrittore non può non porsi una volta di più il problema di che cos'è la letteratura e di che cos'è la storia e che senso abbia metterle insieme, a confronto o per integrarle vicendevolmente. Certamente, il romanzo storico può essere anche soltanto riscrittura della storia e della narrazione già da altri proposta per un confronto di

carattere integrativo o polemico o per una dimostrazione della provvisorietà dei punti di vista nel narrare le stesse vicende o vicende abbastanza prossime perché i personaggi fondamentali della storia sono gli stessi o perché i fatti sono analoghi. Penso, in particolare, alla peste di Milano di PARAZZOLI, alle streghe di SCIASCIA e di VASSALLI. Sono i modi di prendere posizione nei confronti del MANZONI e della sua concezione della letteratura e della storia nel mutuo rapporto entro il romanzo storico. Ma il nocciolo della questione del genere, oggi, è un poco più in là: è, appunto, nella decisione dello scrittore di rimettere in discussione a fondo le ragioni del romanzo (e dell'invenzione) e il senso della storia in un tempo in cui sia la letteratura sia la storia hanno subìto una radicale riduzione di impegno e di capacità creativa e utopica. Pochi, allora, alla luce di questa considerazione, resistono eletti all'esemplarità, anche se mai tante sono le opere che il romanzo storico ripropongono nella massima varietà dei tempi presi come argomento della scrittura.

Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 119-129.

Pietro Giannone: un itinerario nel libero pensiero europeo[1]

Giuseppe RICUPERATI[*]

Pietro GIANNONE era destinato ad avere una sorte molto particolare. La sua fama europea era legata all'*Istoria civile del regno di Napoli*, pubblicata a Napoli nel 1723[2]. La prima traduzione del suo lavoro fu molto precoce, essendo realizzata a Londra da John OGILVIE, un giacobita inglese che conosceva bene l'italiano, tra il 1729 e il 1732. Recensita in diverse riviste, dalla tedesca "*Acta eruditorum*", all'inglese "*Historia literaria*", fino alla svizzera "Bibliothèque italique", l'*Istoria civile* fu tradotta in francese nel 1742 e in tedesco qualche anno dopo. La proposta di GIANNONE di scrivere una "storia civile" divenne cruciale per i maggiori storici dell'Illuminismo europeo come VOLTAIRE e GIBBON.

Nella sua celebre introduzione GIANNONE era in grado di spiegare che la sua scelta non era di scrivere una storia di re, battaglie e così via, ma quella delle istituzioni e soprattutto delle relazioni tra Stato e Chiesa. La sua proposta storiografica era destinata a rappresentare una sfida alla storia sacra ed ecclesiastica, un ritorno non solo a Jean BODIN e Francis BACON, ma anche a Nicolò MACHIAVELLI, Francesco GUICCIARDINI, Paolo SARPI, Jacques AUGUSTE de THOU, Huig VAN GROOT: dalla storiografia del Rinascimento, al gallicanesimo e al giurisdizionalismo. Posso rilevarne qui solo un aspetto: l'analisi del contributo positivo dei

---

[*] Accademia delle Scienze di Torino; ordinario di Storia Moderna, Università di Torino.

[1] Conferenza tenuta il 12 Maggio 1993. Una versione inglese di questo testo è stata presentata all'VIII Congresso della Società Internazionale per gli studi settecenteschi, tenutosi a Münster nel 1995. Un riassunto sarà pubblicato in *Transactions of the ISECS Münster Congress* da The Voltaire Foundation, Oxford.

Per le ricerche ho utilizzato fondi del MURST, mentre la Giunta centrale per gli studi storici mi ha offerto un contributo per il viaggio a Münster.

[2] Cfr. il mio libro, *L'esperienza civile e religiosa di Pietro Giannone*, Milano-Napoli, Ricciardi, 1970; ed anche P. GIANNONE, *Opere*, a cura di S. BERTELLI-G. RICUPERATI, Milano-Napoli, Ricciardi, 1971. Per quanto riguarda le traduzioni, cfr. il mio *Bilancio storiografico e prospettive di ricerca*, in AA.VV., *Pietro Giannone e il suo tempo*, a cura di R. AJELLO, Napoli, Jovene, 1980, voll. 2, I, 182-249. Sui manoscritti di GIANNONE cfr. S. BERTELLI, *Giannoniana. Autografi, manoscritti e documenti della fortuna di Pietro Giannone*, Milano-Napoli, Ricciardi, 1968.

barbari. Di contro all'immagine offerta dalla storia ecclesiastica e sulla scia di MACHIAVELLI e VAN GROOT, GIANNONE rivaluta l'esperienza non solo di TEODORICO, re degli Ostrogoti, ma anche dei Longobardi, i nemici tradizionali del Papato. La costruzione dello Stato, attraverso i Normanni e l'importante presenza dell'imperatore Federico II, rappresenta uno dei momenti più felici nella storia dell'Italia meridionale. Ma contro i sovrani svevi il Papato aveva utilizzato gli Angioini, per indebolire l'autonomia di questo territorio da Roma. Un tentativo di rinforzare lo Stato era stato fatto dai conquistatori aragonesi. Questo provocò non solo la resistenza della Chiesa, ma soprattutto quella dei baroni feudali. Così gli spazi del Sud furono destinati a diventare un facile oggetto per le avventure espansionistiche della Francia e della Spagna. La conquista spagnola trasformò lo "Stato nazionale" in una periferia, governata dai Viceré. GIANNONE è severamente critico nei confronti della dominazione spagnola, nonostante alcuni momenti di energia e di riforma. Anche la difesa dei diritti dello Stato contro gli abusi della Chiesa in questo periodo si era indebolita. I governanti spagnoli non furono in grado di sfruttare un'importante risorsa locale, quale la tradizione culturale dei giuristi e dei magistrati, e più in generale degli uomini di lettere e scienze, il cosiddetto "ceto civile". In questo senso l'*Istoria civile* rappresenta un documento vivente dell'ideologia dei "togati", l'alta magistratura napoletana, con le sue speranze nel riformismo degli Asburgo, ma anche con il suo ardente desiderio di uno "stato nazionale" e con la consapevolezza della sua importanza.

Il lavoro era destinato a diventare il Manifesto del partito giurisdizionalista e ad ottenere per questo una fama europea. Così GIANNONE si trasformò immediatamente nel bersaglio della persecuzione ecclesiastica. Preti e frati predicarono contro di lui nelle chiese napoletane. Anche San Gennaro fu coinvolto in questa battaglia. Per alcuni gesuiti il miracolo annuale del sangue poteva essere fermato dall'incredulità di GIANNONE. Così veniva accusato di aver difeso il concubinaggio, dato che era un pubblico e famoso peccatore. Egli temette per la propria vita e tutti i suoi amici lo consigliarono di cercare rifugio a Vienna sotto la protezione dell'imperatore Carlo VI, cui era dedicata l'*Istoria civile*. Così fece GIANNONE. A Vienna incontrò Alessandro RICCARDI[3], un altro campione del partito giurisdizionalista precedentemente perseguitato dalla Chiesa. RICCARDI aveva trovato un notevole appoggio da parte di Giuseppe I tanto da diventare non solo

---

[3] Cfr. G. RICUPERATI (1979), *Alessandro Ricciardi*, in AA.VV., *Politici ed economisti del primo Settecento*, Milano-Napoli, Ricciardi.

avvocato fiscale del Consiglio di Spagna, ma anche direttore della Biblioteca imperiale.

All'inizio le speranze di GIANNONE erano rivolte a ricevere una carica significativa per realizzare direttamente le politiche anticuriali che aveva invocato come necessarie nel suo lavoro. Ma Carlo VI non era Giuseppe I. Ricevette una piccola pensione dalla Corte austriaca, ma non l'alto impiego che si aspettava. Così spese la prima parte del suo lungo soggiorno a Vienna difendendo il suo lavoro, selvaggiamente attaccato dai curialisti romani, soprattutto Gesuiti, e condannato dal Sant'Uffizio. Avendo perso le sue speranze di tornare a Napoli con un incarico o di essere impiegato a Vienna, GIANNONE concentrò le sue energie in un nuovo lavoro, che non era più una storia "civile", ma una storia universale del potere religioso. Questo nuovo lavoro era il *Triregno*, che è, insieme ai *Discours moraux, politiques et historiques* scritti da Alberto RADICATI di Passerano, pubblicati in inglese nel 1734 e in francese nel 1736, il documento più importante di una partecipazione italiana al primo Illuminismo radicale[(4)], recentemente delineato in una prospettiva europea da Margaret CANDEE JACOB. Nel suo libro del 1981[(5)] la studiosa parla di RADICATI, rilevando la sua relazione con il libero pensiero inglese e soprattutto con il discorso di John TOLAND. Non cita il grande libro di Franco VENTURI su RADICATI di Passerano, ma solo l'opera successiva dello stesso VENTURI, *Utopia e riforma nell'Illuminismo* (1970) dove il ruolo di TOLAND[(6)] e la sua scelta panteistica e repubblicana è messa fortemente in rilievo. Anch'io avevo scritto il mio libro su GIANNONE, *L'esperienza civile e religiosa di Pietro Giannone* (1970), dove avevo studiato le connessioni tra lo storico napoletano e il libero pensiero inglese. È ben noto che GIANNONE non può aver avuto una relazione diretta con TOLAND, essendo arrivato a Vienna da Napoli nel 1723, un anno dopo la morte di TOLAND. Ma il libero pensatore inglese era stato un amico del barone Wilhelm VON HOHENDORF, che aveva incontrato nella repubblica olandese, un esponente della diplomazia libertina e irregolare del principe Eugenio di Savoia; attraverso di lui TOLAND divenne corrispondente del principe stesso. L'intellettuale radicale inglese aveva spedito a Vienna i suoi lavori principali, non solo *Christianity not mysterious* (1696), ma anche *Letters to Serena* (1704), *Adeisidaemon e Origines judaicae* (1709) o

(4) Cfr. F. VENTURI (1954), *Alberto Radicati di Passerano*, Torino, Einaudi.

(5) M. CANDEE JACOB (1981), *The radical Enlightenment. Pantheists, republicans, freemasons*, London, Unwin, trad. italiana, Bologna il Mulino, 1983.

(6) La JACOB utilizza la versione inglese apparsa a Cambridge nel 1971. Su TOLAND il libro più esauriente è C. GIUNTINI (1980), *Panteismo e repubblicanesimo in John Toland*, Bologna, Il Mulino.

Nazarenus (1718). Nel caso di *Letters to Serena* TOLAND stesso aveva tradotto in un pessimo francese parte del suo lavoro sulla vitalità della materia e sulla mortalità dell'anima. Per aumentare l'interesse di questi amici libertini ed aristocratici verso il proprio panteismo (parola che egli stesso aveva coniato) spedì copie dei manoscritti di Giordano BRUNO a Vienna. Nel *Nazarenus* TOLAND teorizza le origini del Cristianesimo dal mondo settario degli Ebrei che reagisce contro la conquista romana, e vede l'Islam come una vera eredità della stessa religione ebraica attraverso il Vangelo di Barnaba. Questo libro era stato realizzato con la collaborazione degli amici viennesi, che a loro volta gli avevano offerto importanti materiali. Ma in queste biblioteche non c'era solo TOLAND. Era possibile trovare la cultura libertina più radicale, a partire dal manoscritto del *Theophrastus redivivus*, un testo del quale Gianni PAGANINI e Guido CANZIANI hanno offerto qualche anno fa una superba edizione(7). Anche il *Traité des trois imposteurs* — un complicato mosaico europeo ora ricostruito da Silvia BERTI(8) — era presente in entrambe le biblioteche in diverse copie manoscritte che contenevano anche la vita di SPINOZA del LUCAS. Quando GIANNONE andò a Vienna il barone di HOHENDORF era morto da tre anni, ma la sua biblioteca era stata acquistata dalla Palatina i cui bibliotecari erano amici di GIANNONE, non solo Alessandro RICCARDI, o Piò Nicolò GARELLI, ma anche Nicolò FORLOSIA, che era direttamente incaricato di riordinare e riassorbire questa biblioteca in quella dell'Imperatore. GIANNONE potè avere libero accesso ai libri e ai manoscritti collezionati da HOHENDORF. Nello stesso tempo era entrato in relazione con il principe Eugenio(9): ebbe così modo di utilizzare i suoi libri, come è bene documentato nei suoi ultimi scritti autobiografici.

Il primo problema che si pone allo studioso odierno è in quale modo questa nuova cultura, connessa con il libero pensiero inglese e olandese, era in grado di trasformare la qualità e la sostanza del precedente anticurialismo di GIANNONE. La scelta ora non era più di difendere gli Stati dagli abusi ecclesiastici, ma di agire sulle radici più profonde del pensiero religioso, tagliandole radicalmente. Ma per realizzare questo programma, la "storia civile" non era sufficiente. Era necessario com-

---

(7) *Theophrastus redivivus*, a cura di G. CANZIANI-G. PAGANINI, Firenze, La Nuova Italia, 1981, voll. 2.

(8) Cfr. *Trattato dei tre impostori*, a cura di S. BERTI, Torino, Einaudi, 1994.

(9) Cfr. il mio *In margine alla biografia di Eugenio: un principe fra libertinismo e Illuminismo radicale*, in AA.VV., *L'Europa del XVIII secolo. Studi in onore di Paolo Alatri*, a cura di V.I. COMPARATO, E. DI RIENZO, S. GRASSI, Napoli, ESI, 1991, 445-460.

binare non solo storia sacra e profana, ma anche filosofia e scienze naturali come medicina e biologia. La vera risorsa del potere religioso era l'idea dell'immortalità dell'anima e il ruolo intercessorio della Chiesa. Ma SPINOZA aveva dimostrato che il mondo ebraico non aveva conosciuto l'idea di immortalità se non molto tardi e che questa fu accettata solo da una parte. L'accordo tra Dio e gli Ebrei riguardava solo la felicità terrestre e i beni materiali. In questo senso le lamentele e le proteste di Giobbe erano connesse a questo tipo di perdita. Emerso dal mondo settario che esprimeva le difficoltà degli Ebrei dopo la conquista romana, Gesù annunciò il Regno Celeste, che si contrapponeva a quello Terreno dei vecchi Ebrei. Ma predicò una religione senza cerimonie, gerarchie ecclesiastiche, dogmi, fatta solo di amore e carità.

Più del Nazareno, era stato San Paolo a costruire il Cristianesimo come una dottrina, mescolando entrambi gli elementi della sua cultura, che era farisaica ed ellenistica. Ma la mancanza dell'immediata realizzazione del Regno Celeste doveva essere alle origini del terzo e più complesso Regno, quello Papale. Non solo la Chiesa accettò la geografia dell'impero romano, ma anche la sua eredità politica. Il Vescovo di Roma divenne il capo di un potere mostruoso, capace di incatenare non solo il corpo, ma anche l'anima. In questa direzione il Cristianesimo non solo recuperò dal paganesimo l'idea d'Inferno, ma inventò un nuovo spazio immaginario per l'anima, il Purgatorio, dove la punizione era solo transitoria. Ma la Chiesa fu in grado di strumentalizzare anche questa innovazione, attraverso le indulgenze, che potevano abbreviare il passaggio dell'anima al Paradiso. Liberare gli uomini da questo potere doveva diventare il compito primo non solo dei re ma anche dei liberi pensatori, i filosofi. La via per raggiungere questo era una riforma profonda, un ritorno alla religione secolare, che accettasse la corporeità dell'anima, senza dogmi, cerimonie e poteri, fatta solo di gratitudine e amore per Dio in quanto creatore e di carità nei confronti degli uomini. Questo era il progetto che GIANNONE stava scrivendo quando la guerra di successione polacca provocò il cambiamento di regime nell'Italia meridionale. L'Impero asburgico perse Napoli. Carlo III il Borbone potè realizzare lo "stato nazionale" che GIANNONE aveva sognato nella sua *Istoria civile*. Non c'erano ragioni per lui di rimanere a Vienna, avendo perso anche la sua piccola pensione. Decise di ritornare a Napoli e di offrire i propri servigi al nuovo sovrano che avrebbe potuto essere il "re nazionale" che aveva teorizzato nella sua storia come il regime migliore. Ma così facendo, sottovalutò la forza della persecuzione della Chiesa di Clemente XII.

La prima tappa fu Venezia, la libertina e tollerante repubblica patrizia.

Qui gli editori locali stavano preparando una nuova edizione dell'*Istoria civile* che era diventata rara e costosa. GIANNONE pensò di correggere ed arricchire il suo lavoro. Utilizzò il suo soggiorno nella Dominante anche per continuare il *Triregno*. Solo recentemente ho trovato e pubblicato la perduta prefazione di questo lavoro, datata 8 luglio 1735[10]. Era stata scritta nella casa di campagna della famiglia patrizia dei Pisani a Rovere di Cré, vicino a Rovigo. È un manifesto molto drammatico e profondo del suo impegno radicale e illuminato nella battaglia per la verità. Ma il Sant'Uffizio impegnò tutte le proprie forze non solo per fermare la nuova edizione dell'*Istoria civile*, ma anche per bandire GIANNONE da Venezia e per arrestarlo e processarlo per eresia. La diplomazia curiale era in grado di ostacolare il suo ritorno a Napoli, dal momento che doveva attendere il permesso di Carlo III attraverso il suo ambasciatore. Roma alla fine ottenne l'espulsione di GIANNONE da Venezia. Questo episodio era strettamente connesso con la scoperta fatta dagli Inquisitori di stato della repubblica di una società segreta di patrizi che negavano l'immortalità dell'anima, l'esistenza dell'Inferno e del Purgatorio, rifiutavano i miracoli e le reliquie sacre. Uno dei personaggi più rilevanti coinvolti con questo gruppo era il padovano Antonio CONTI, che Nicola BADALONI ha studiato come un abate libero pensatore tra NEWTON e VOLTAIRE[11]. CONTI era con GIANNONE la drammatica sera del suo arresto ed espulsione da Venezia. Ci sono troppe coincidenze con le tesi principali del *Triregno* per non sospettare qualche sua implicazione in questo gruppo, che aveva alcune caratteristiche di una organizzazione premassonica. Ma per ora — senza altre prove — possiamo solo fare congetture. È possibile che GIANNONE avesse parlato apertamente non solo con CONTI, ma anche con il suo amico Alessandro Teodoro TRIVULZIO, un patrizio milanese, destinato a rimanere in contatto con lui e a proteggerlo durante la sua fuga. GIANNONE all'inizio riuscì a sfuggire alle trappole ecclesiastiche e potè trovare rifugio a Ginevra, dove un editore svizzero, Marc Michel BOUSQUET, stava organizzando una traduzione francese della sua *Istoria civile*. Ma il suo soggiorno nella pacifica e tollerante città calvinista di Jacob VERNET e Jean Alphonse TURRETTINI venne interrotto da una nuova trappola, questa volta organizzata da emissari piemontesi. Lo Stato

---

[10] Cfr. G. RICUPERATI (1993), *Dopo la "Giannoniana": problemi di edizione, nuovi reperimenti di fonti e la prefazione perduta del "Triregno"* in AA.VV., *L'Europa tra Illuminismo e Restaurazione. Scritti in onore di F. Diaz*, a cura di P. ALATRI, Roma, Bulzoni, 47-88.

[11] Cfr. N. BADALONI (1968), *Antonio Conti, un abate libero pensatore tra Newton e Voltaire*, Milano, Feltrinelli.

sabaudo aveva avuto una lunga e dura lotta con Roma sul terreno giurisdizionale. Per un momento anche Alberto RADICATI di Passerano aveva potuto sperare che il re Vittorio Amedeo II avrebbe proseguito i suoi interventi fino a realizzare una vera riforma secolare del suo Stato, per il quale aveva inizialmente scritto i suoi *Discours*. Come è ben noto, RADICATI fu amaramente deluso e dovette fuggire a Londra. Il destino di GIANNONE fu ancora più crudele, dal momento che il potente ministro di Carlo Emanuele III, Vincenzo FERRERO Marchese d'Ormea, pensò cinicamente di giocarlo come una carta per ottenere un accordo più favorevole con Roma, la conferma di quel Concordato che egli aveva ottenuto da Benedetto XIII e che Clemente XII aveva invece duramente rifiutato. Arrestato nel 1736, obbligato ad abiurare le sue idee religiose, GIANNONE era destinato a rimanere nelle prigioni piemontesi fino alla sua morte nel 1748.

Ma l'ostinato intellettuale non permise che la sua vita fosse sopraffatta dalla disperazione. Il primo lavoro del prigioniero fu *Vita scritta da lui medesimo*[12], che è una delle migliori autobiografie italiane del secolo dei Lumi. Scritta in parte nei mesi precedenti la sua abiura, era una grande apologia non solo del suo lavoro storiografico, ma anche della sincerità della sua religione secolare. Era in grado di spiegare estesamente le ragioni dei suoi lavori sui Regni Terrestre, Celeste e Papale. Continuò a confermare il suo punto di vista materialistico, basato sulla corporeità dell'anima, che aveva tratto da SPINOZA e TOLAND. Non è facile capire perfettamente questa drammatica esperienza. Se l'abiura gli era stata imposta con la forza, il suo ritorno alla religione cattolica, pur coatto, appariva nel complesso abbastanza sincero. Ma egli trasformò immediatamente la religione nuovamente accettata in qualcos'altro, una religiosità secolare, nella quale la "ragionevolezza del Cristianesimo" era dominante.

Anche la sua connessione con il pensiero di TOLAND era destinata ad emergere nuovamente nel suo secondo lavoro scritto in prigione, *Discorsi sopra gli annali di Tito Livio*[13]. Potè avere nella sua cella un'edizione dello storico romano e fu capace di scrivere una grande analisi della "religione civile" dei Romani, perfettamente organizzata per fornire valori etici elevati alla stessa dimensione politica, molto diversa in questo senso dal Cristianesimo. Dedicò due lavori strettamen-

---

[12] Cfr. l'edizione più completa a cura di S. BERTELLI, in P. GIANNONE, *Opere*, cit., 1-346.

[13] P. GIANNONE, *Discorsi storici e politici sopra gli annali di Tito Livio*, in *Opere inedite*, a cura di P.S. MANCINI, Torino, Pomba, 1852 (ma 1859), vol. I. Cfr. anche P. GIANNONE, *Opere*, cit., 729-788.

te connessi ad approfondire questa analisi sull'incapacità del Cristianesimo ad adattarsi alla vita civile. Il primo era intitolato *Apologia dei teologi scolastici*[14]. Questo strano titolo richiede una spiegazione. GIANNONE cercò di dimostrare che gli errori della teologia scolastica erano solo conseguenze delle precedenti invenzioni e fraintendimenti dei Santi Padri. GIANNONE non salvava neppure GEROLAMO e AGOSTINO. In questo senso il messaggio cristiano gli appariva estraneo e inadatto alla vita civile a partire dall'inizio. I principali riferimenti di GIANNONE erano Jean DAILLÉ, *De usu Patrum*, e soprattutto il più recente *Traité de la morale des Pères* di Jean BARBEYRAC.

Il secondo lavoro, inizialmente concepito come l'ultima parte dell'*Apologia*, richiese a un certo punto piena autonomia e divenne l'*Istoria del pontificato di Gregorio Magno*[15]. Su questa personalità cruciale di pontefice il dibattito internazionale tra protestanti e cattolici era aperto. Posso richiamare qui solo i nomi di André RIVET, Louis MAIMBOURG, Pierre BAYLE, Denis DE SAINT MARTHE, per non parlare delle grandi storie ecclesiastiche, da LE NAIN de TILLEMONT a Noel D'ALEXANDRE e Claude FLEURY. La scelta di GIANNONE era di studiare attraverso le lettere di Gregorio I non solo come la Chiesa era stata capace di sostituire l'impero romano, ma anche la prima organizzazione del suo potere temporale negli spazi italiani. In questo senso questo lavoro è connesso non solo con l'*Istoria civile*, ma anche con il *Triregno*, in particolare con quella parte del *Regno papale* destinata a rimanere interrotta. Prima del suo arresto GIANNONE aveva terminato solo il primo periodo, dall'inizio e dalla predicazione del Vangelo alla conversione di Costantino il Grande, e parte del secondo, fino al pontificato di Gregorio I. Il terzo periodo, del quale abbiamo solo i titoli dei capitoli, sarebbe dovuto andare dalla Chiesa di Gregorio I alla *traslatio Imperii per Francos* con Carlo Magno. È possibile affermare che questo lavoro è una specie di ritorno ai temi del *Triregno*, un modo per completare una parte essenziale di esso. Ma anche i *Discorsi sugli Annali di Tito Livio* erano usati per ricostruire in modo molto originale la geografia dell'Impero Romano assorbita dal nuovo potere ecclesiastico. I principali riferimenti bibliografici per i nuovi regolamenti e istituzioni della Chiesa erano gli scritti di Joseph BINGHAM, un anglicano, e del gallicano Louis Ellies DUPIN. Ma i risultati complessivi andavano ben oltre i suggerimenti dei suoi modelli. Nell'ultima parte del suo lavoro

---

(14) Cfr. P. GIANNONE, *Opere*, cit., 789-911.

(15) Cfr. P. GIANNONE, *La Chiesa sotto il pontificato di Gregorio il Grande*, in *Opere inedite*, a cura di P.S. MANCINI, cit., vol. II. Cfr. anche la mia antologia in P. GIANNONE, *Opere*, cit., 913-986.

GIANNONE era in grado di proporre una trasformazione profonda della stessa storia ecclesiastica in una storia comparata delle religioni. Questo capitolo può essere letto come una riflessione metodologica su ciò che aveva scritto nel *Triregno*. Forse ha addirittura superato le idee del suo precedente lavoro. Il punto di vista non è solo universalistico, ma implica una antropologia religiosa secolare. Solo l'uomo, tra gli esseri viventi, è in grado di costruire religioni come strumento essenziale per la vita civile. Per questo è necessario considerare in modo comparatistico non solo l'Ebraismo o l'Islam, o il Cristianesimo, ma anche il paganesimo. Quest'ultimo non può essere ridotto al passato, alla sola religione degli antichi Greci e Romani, ma è ancora un'esperienza viva, dominante in Asia, in Africa e in America, rimanendo così una delle religioni più diffuse. In questo modo GIANNONE trasformò gli impulsi provenienti da SPINOZA, BAYLE e TOLAND e più in generale dalla letteratura del libero pensiero del suo tempo. Questa proposta di superare la vecchia storia ecclesiastica[16] per fondare una nuova storia delle religioni, usando in profondità un metodo comparatistico, suggeriva una direzione che la storia della civiltà quale si preparava a disegnare l'Illuminismo avrebbe effettivamente sviluppato.

Ma ho parlato anche di una implicita antropologia religiosa secolare. E questo è il terreno del suo ultimo lavoro in prigione, *L'Ape ingegnosa*. Iniziato nel 1743 e continuato fino al 1747, pochi mesi prima della sua morte, è uno straordinario esempio di letteratura di prigione, un lavoro frammentario nel quale non troviamo solo memoria autobiografica, ma anche una volontà ostinata di confermare la propria esperienza. I punti di partenza erano due diversi libri: *Naturalis historia* di PLINIO il VECCHIO nell'edizione di Jean HARDOUIN e *Stuore* scritto dal gesuita Giovanni Stefano MENOCHIO. Se il primo era una specie di gigantesco collettore dell'erudizione antica, il secondo suggeriva non solo un modello di osservazioni curiose e marginali su tutto lo scibile umano, ma anche un esempio candido e ingenuo di quella cultura, sacra e profana, nei confronti della quale Pierre BAYLE aveva utilizzato il suo senso critico, distruggendola. Un terzo libro dev'essere preso in considerazione. È la *Philosophiae naturalis principia mathematica* di Isaac NEWTON, che il prigioniero ebbe la ventura di leggere in carcere. Quali erano i temi delle estreme osservazioni di GIANNONE? Egli inizia dal ruolo di Dio nella creazione e qui utilizza NEWTON per confermare la sua religiosità razionalistica. In un secondo momento parla di natura e

[16] Cfr. il mio *Cesare Baronio, la storia ecclesiastica, la storia civile e gli scrittori giurisdizionalisti della prima metà del secolo XVIII*, in AA.VV., *Baronio storico e la Controriforma* a cura di R. DE MAIO - A. MAZZACANE, Sora, Centro V. Patrirca, 1982, 756-814.

di legge. In un terzo analizza l'uomo, la religione, le arti, il tempo e le sue divisioni. Le ultime osservazioni sono relative alla durata della vita umana, la vecchiaia, la paura della morte, il destino dell'uomo dopo la morte. Qui prova a conciliare le principali tesi del *Triregno* con il suo ritorno alla religione cattolica. L'ultimo destino non è un Regno Terreno, ma uno Celeste, che l'uomo raggiunge dopo la morte. C'è una buona edizione recente di questo lavoro curata da Andrea MERLOTTI, con una mia introduzione[17].

In questo modo l'itinerario di GIANNONE nella crisi della coscienza europea, per usare la categoria costruita da Paul HAZARD, che è anche una crisi religiosa, stava per concludersi con un compromesso drammatico, dove le ragioni di un'esperienza singolare e secolare erano associate a quelle di una fede tradizionale. Anche l'itinerario di RADICATI si era concluso con una sconfitta. Si può dire che lo spazio italiano aveva trovato una strada precoce, ma difficile da percorrere, verso l'Illuminismo radicale. Trasformando profondamente una cultura condizionata dai conflitti giurisdizionali tra Stato e Chiesa, in relazione con il libero pensiero inglese ed europeo, entrambi predicarono una riforma religiosa e secolare dell'Italia.

Nonostante la persecuzione che il Sant'Uffizio fu in grado di organizzare per intercettare tutti i manoscritti del *Triregno*, questo lavoro non solo è sopravvissuto, ma ha conosciuto una circolazione clandestina. Nel 1766 Leonardo PANZINI scrisse la vita di GIANNONE nella quale espose le idee del *Regno Celeste*. Egli aveva ricevuto una copia, che era stata precedentemente tenuta nascosta, da Ginevra. Nel 1768 lo stesso PANZINI (o qualcuno per conto del nuovo editore, forse Michele Torcia) era in grado di riassumere l'intero lavoro. Nello stesso anno i fratelli VERRI parlarono di una edizione del *Triregno* che si stava preparando ad Amsterdam. Più tardi negli anni Ottanta l'Inquisizione romana temette che questo testo potesse apparire a Napoli. In realtà la circolazione settecentesca dovette restare manoscritta e clandestina, ma è abbastanza significativo che questo lavoro fosse letto e studiato nelle logge massoniche di Napoli dagli allievi di Antonio GENOVESI, primo fra tutti da Francesco LONGANO[18]. Nel XIX secolo GIANNONE era destinato a diventare il bersaglio principale della cultura romantica, neoguelfa, cattolica. Solo l'*Istoria civile* continuò a conoscere nuove edizioni e ad arricchire una tradizione neoghibellina. Pasquale Stanislao

---

(17) Cfr. P. GIANNONE (1993), *L'ape ingegnosa*, a cura di A. MERLOTTI, introduzione di G. RICUPERATI, Roma, Istituto poligrafico e zecca dello Stato. Questa edizione è stata patrocinata dall'Istituto italiano degli studi filosofici di Napoli.

(18) Cfr. E. CHIOS (1992), *Lo spirito del secolo. Politica e religione a Napoli nell'età dell'Illuminismo*, Napoli, Giannini.

MANCINI e Giuseppe FERRARI contribuirono a difendere questa immagine, il primo pubblicando i *Discorsi sugli Annali di Tito Livio* e l'*Istoria del pontificato di Gregorio Magno*, il secondo ricostruendo il suo pensiero in un'opera intitolata *La mente di Pietro Giannone*[19]. Solo nel 1895 Augusto PIERANTONI, genero di MANCINI, era in grado di offrire una cattiva edizione del *Triregno*. All'inizio di questo secolo Benedetto CROCE e Giovanni GENTILE difesero GIANNONE dalle accuse di plagio provenienti dagli ultimi oppositori clericali. Non solo CROCE sollecitò un'edizione migliore della *Vita scritta da lui medesimo*, realizzata nel 1905 da Fausto NICOLINI, ma si impegnò anche per una nuova edizione del *Triregno* nella sua collezione *Gli scrittori d'Italia*, poi offerta da Alfredo PARENTE nel 1940. C'erano tutte le premesse per una nuova interpretazione di GIANNONE e del suo itinerario nella crisi della coscienza europea. E questo è stato il compito della mia generazione, che ha lavorato sulle tracce di Adolfo OMODEO, Antonio CORSANO, Natalino SAPEGNO. Franco VENTURI nel 1954 aveva offerto la sua grande ricerca su Alberto RADICATI di PASSERANO, il modello primo della mia biografia intellettuale su GIANNONE (1970). Nel 1981 Margaret CANDEE Jacob ha cercato di definire una prospettiva europea dell'Illuminismo radicale. Nello stesso tempo la ricerca ha completamente rinnovato il mondo della circolazione clandestina analizzato per la prima volta da Ira O. WADE nel 1938. La storiografia contemporanea ha prestato una profonda attenzione ai testi principali dell'Illuminismo radicale, a partire dal *Traité des trois imposteurs*. E questo è il contesto nel quale gli scritti di RADICATI e GIANNONE hanno qualcosa da dire. Ma non abbiamo ancora un'edizione critica del *Recueil* di RADICATI, pubblicato in inglese e in francese. Per quanto riguarda GIANNONE, non solo molti dei suoi lavori continuano a essere disponibili solo in cattive edizioni, ma la sua *Apologia dei teologi scolastici* non è pubblicata se non in piccola parte. Paul VAN HECK, un italianista di Leida, sta preparando il testo dei *Discorsi sugli Annali di Tito Livio*, nella stessa collana in cui Andrea MERLOTTI ha offerto *L'ape ingegnosa*. Ma la scoperta di nuove copie manoscritte a Venezia, Vienna, Padova, Londra, Milano e Torino per quanto riguarda il *Triregno* o parti di esso, rivela i limiti dell'edizione curata da Parente nel 1940. Un nuovo approccio critico e filologico mi sembra quindi il solo modo per restituire in tutta la sua ricchezza problematica uno dei documenti più originali dell'Illuminismo radicale europeo.

---

(19) Cfr. ora su questo A. MERLOTTI (1995), *Negli archivi del re. La lettura negata delle opere di Pietro Giannone nel Piemonte sabaudo (1815-1848)*, Rivista storica italiana, fasc. 2, 332-386. Cfr. dello stesso, *Settecento e "Risorgimento ghibellino". Giuseppe Ferrari lettore di Pietro Giannone*, Annali della fondazione Einaudi, vol. XXVIII, 1994, 301-358.

Acc. Sc. Torino - Quaderni
5 (1996), 131-138.

Pirandello tra jazz e cinema

Marziano GUGLIELMINETTI(*)

Quando ancora i *Giganti della montagna* si chiamano *I fantasmi*, ovvero quando appaiono non in volume, bensì sulle riviste "Nuova Antologia" (16 Dicembre 1931) e "Il dramma" (15 Marzo 1932), PIRANDELLO sente la necessità di ricorrere ai suoni della musica jazz, per ambientare lo spettatore all'interno della "Villa, detta 'La Scarogna'", dove stanno per essere accolti i protagonisti della vicenda, gli attori della "Compagnia della Contessa". Ma ecco la didascalia, per la parte chiamata in causa:

> Un canto balzante e precipitoso, che or guizza di strilli impreveduti e or s'abbandona in scivoli rischiosi, da cui si riprende con bestiali e zoppicanti cachinni, che lo fanno cadere e torcere in uno spasimo crudele, per poi levarsi a un volo sereno finché non si lascia attrarre e rapire in un vortice che lo sbatte a terra dove quadrupedante come un cavallo adombrato si mette a fuggire, si ode dall'interno della villa, accompagnato da strumenti di jazz. Questo canto deve dar l'impressione che si stia superando un pericolo tremendo imminente, che non ci par l'ora che finisca perché tutto ritorni tranquillo e al suo posto, come dopo certi momentacci di pazzia che ci pigliano, non si sa perché, e di cui bisogna avere sopportazione e pietà.

I latinismi "cachinni" e "quadrupedante" (il secondo appartiene al lessico epico di ENNIO) la dicono abbastanza lunga sulla difficoltà di accettare il jazz per quello che è: l'arte musicale della modernità, estranea all'"estetismo" ed allo "psicologismo", come aveva osservato qualche anno prima Massimo BONTEMPELLI sulla rivista a ciò deputata, "Novecento" (Dicembre 1926), malgrado avesse anche lui al riguardo qualche problema linguistico (senz'imbarazzo scrive "giazz"). Ma la difficoltà non è comunque tale da impedire a PIRANDELLO di rendersi conto che la strumentazione musicale jazzistica contribuisce a valorizzare una forma di canto che alterna "bestialità" e "serenità", che (inoltre)

(*) Ordinario di Letteratura Italiana, Università di Torino. Conferenza tenuta l'11 Maggio 1994.

sottolinea l'apertura fortemente drammatica della scena imminente. Insomma, non è musica di sottofondo, che gradatamente immette lo spettatore nell'ambiente della vicenda in procinto d'iniziare, ma che in qualche modo già lo proietta nel centro di essa, il centro emotivo (BONTEMPELLI ancora: "piuttosto eccitazioni che non sentimenti" costituiscono "i materiali personali" dell'artista "d'oggi").

Chiedersi la ragione della sostituzione del riferimento esplicito al jazz nell'edizione definitiva dei *Giganti*, quella del '37, dove si fa cenno di "strani strumenti", potrebbe sembrare prematuro. Alla data segnalata, il progetto dei tre "miti moderni", iniziato con *La nuova colonia* nel '28 e proseguito l'anno appresso col *Lazzaro*, non aveva realizzato le premesse tecniche delle quali PIRANDELLO sembrava non voler fare a meno dopo il viaggio in Germania. In una straordinaria intervista apparsa il 13 Ottobre del '28 sul "Corriere della Sera" PIRANDELLO, reduce fresco dalla frequentazione della nuova drammaturgia tedesca, non solo annuncia, con qualche variazione di trama, l'argomento del "mito" ancora da compiere, ma lascia capire che cosa di nuovo ha visto e che cosa egli sinora non ha praticato. Max REINHARDT ed Erwin PISCATOR, il primo dei quali autore di una memorabile edizione dei *Sei personaggi in cerca d'autore*, sono gli esponenti della nuova "tecnica teatrale tedesca", la quale "riesce oggi a creare l'inverosimile, diventa una sorgente di meravigliose illusioni, e può trasportare gli spettatori, coi prodigi delle luci e con le improvvise trasformazioni dei palcoscenici, in piena fantasmagoria". Siffatta tecnica è destinata proprio ai *Giganti*, sino al punto di essere incorporata nella didascalia iniziale, oltre il riferimento alla musica jazz, là dove si descrivono gli effetti di luce che accolgono, per volontà di Cotrone, il mago che governa la villa, l'arrivo degli attori della Compagnia della Contessa; e poi ancora, quando i *Giganti* si chiameranno col loro nome definitivo e ne apparirà la seconda parte su "Quadrante" del Novembre '34, si daranno altre "apparizioni", spiegabili solo con la tecnica illusoria dei registi tedeschi:

> L'arsenale delle apparizioni: vasto stanzone nel mezzo della villa, con quattro usci, due di qua e due di là, come se s'accedesse da due corridoi paralleli. La parete di fondo, liscia e sgombra, diventerà ai momenti indicati trasparente, e si vedrà allora di là, come in sogno, prima un cielo d'aurora, corso da nuvole bianche; poi la falda della montagna in dolce pendio, d'un tenerissimo verde, con alberi attorno a una vasca ovale.

Strumenti musicali (e birilli e fantocci) compaiono sin da ora, ma solo in seguito si animano; e gli strumenti, in specie, sembrano non

dimentichi della loro origine jazzistica:

> Il trombone fa da sé con tre brevi borbottii un commento ironico; il tamburo, da sé, senza bacchette, crepita in segno d'approvazione e, durante il crepitio, balzano ritti coi loro testoncini sguaiati i cinque birilli . Allora i fantocci si ributtano indietro con un'altra sghignazzata sull'"e", se la prima è stata sull'"o".

Ma nei *Giganti* viene pure incorporato, a ben vedere, il regista illusorio, sotto specie del mago Cotrone. L'ipotesi esclusivamente nominale che si tratti di personaggio filosofico, ovvero del PITAGORA di Crotone, ipotesi avanzata dall'ARTIOLI, pur non priva di qualche suggestione, mi pare debba cadere davanti alla descrizione degli effetti dei giochi d'illusione praticati dal mago. Ne parla egli stesso, dopo avere aiutato il racconto della Sgricia, una vecchia abitante della villa che sostiene di avere visto l'Angelo Centuno, con l'intervento dall'esterno di "Voci" non identificate e respinte dalla Contessa:

> Non bisogna più ragionare... Qua si vive di questo. Privi di tutto, ma con tutto il tempo per noi: ricchezza indecifrabile... ebullizione di chimere... Le cose che ci stanno attorno parlano e hanno senso soltanto nell'arbitrario in cui per disperazione ci viene di cangiarle (...). Respiriamo aria favolosa. Gli angeli possono come niente calare in mezzo a noi: e tutte le cose che ci nascono dentro sono per noi stessi uno stupore. Udiamo voci, risa; vediamo sorgere incanti figurati ad ogni gomito d'ombra, creati dai colori che ci restano scomposti negli occhi abbacinati dal troppo sole della nostra isola. Sordità d'ombra non possiamo soffrirne. Le figure non sono inventate da noi; sono un desiderio dei nostri stessi occhi.

Altrove Cotrone si proclama in grado di dar corpo, sia pure fittizio, ai sogni; e non meraviglia allora che sia potuto divenire il portavoce di un surrealismo nazionale, laddove sempre e comunque rimane ferma la persuasione che si tratti di esiti tecnicamente raggiungibili: meraviglie sì, ma non prodigi magici.

Se le cose suggerite hanno qualche parvenza di verosimiglianza, l'ultimo mito di PIRANDELLO, quello espressamente dedicato all'arte, rivela di contenere nel suo interno modi di creazione, il jazz e la regia dei giochi di luce, che non erano affatto prevedibili nel mito sociale (*La nuova colonia*) e nel mito religioso (*Lazzaro*). E se il jazz viene ben presto abbandonato, la regia alla tedesca deve essere praticata, per poter venire distrutta a sua volta, nel momento in cui Ilse, la Contessa, ne rifiuta gli esiti raccapriccianti (grazie agli artifici illusori viene simulata

da Cotrone la morte per impiccagione dell'attor giovine, Spizzi). Dopo questo rifiuto, Ilse accetta la proposta non evasiva di Cotrone, quella di uscire dalla villa delle fantasmagorie e di scendere fra i protagonisti eponimi del mito: gli operai muscolosi, "duri di mente e bestiali" che hanno scavato la montagna, costruito "bacini, fabbriche, strade" e iniziato "colture agricole". Cotrone ammonisce la Contessa che "fuori di qua", ovvero lontano dalla villa, egli "non ha più potere" di inventare paradisi artificiali, o di esternare i sogni. Lo stacco è sonoro: "si ode potentissimo dall'interno il frastuono della cavalcata dei Giganti della Montagna che scendono al paese per la celebrazione delle nozze di Uma di Dornio e Lopardo d'Arcifa, con musiche e grida quasi selvagge". Nulla consente di pensare a musica jazz, ben inteso, a quell'altra musica proveniente dall'interno che sulle prime aveva accompagnato un canto capace, anche, di "bestiali e zoppicanti cachinni". Quello era il canto d'un'anima in pena, che soffriva d'un accesso di pazzia; questo, lo volesse o meno PIRANDELLO, sembra piuttosto il ritmo di un'orda selvaggia, e tuttavia militarmente inquadrata. È possibile anche essere più precisi, guardando alla nuova situazione politica europea. L'odio non celato di PIRANDELLO nei confronti del neonato regime nazista aveva trovato manifestazione, per altro, nella *Favola del figlio cambiato*, il copione che la Compagnia della Contessa vuole portar sulla scena dei Giganti. In un luogo della *Favola* si sostiene che il "re" può essere anche "da burla": basta "crederci", e diventa re "sul serio". "Sovversivo e contrario alle direttive dello Stato tedesco", giudicò l'intero copione il ministro del culto dello stato federale dell'Assia, che ne fece sospendere la rappresentazione a Darmstadt, il 3 Marzo 1934. C'era anche, nel copione incriminato, l'intervento, in lingua tedesca, di tre marinaretti che partecipavano all'incoronazione del re per burla alla maniera carnevalesca descritta da BACHTIN, in un "caffeuccio" mal frequentato, ma nessuna musica particolare si ascolta nella circostanza; e del resto non poteva certo essere jazzistica.

Il richiamo alle vicende politiche della *Favola del figlio cambiato*, vicende che chiamarono pure in causa l'"Osservatore romano", dichiaratosi subito contrario a mettere in discussione siffattamente i "principi della moralità e dell'autorità", mette in rilievo l'incidenza del nuovo teatro pirandelliano, quello dei "miti", nella formulazione di messaggi artistici non di regime; tanto più che la recita del 24 Marzo della *Favola* a Roma vide l'intervento negativo di una "claque" prezzolata da qualche gerarca (Farinacci?), e comportò subito dopo l'intervento del Duce medesimo, che chiese alla censura di "togliere il più forte", ovvero i versi citati sul re. Proprio perché la politica culturale del regime tende a servirsi dello spettacolo a fini di propaganda, il PIRANDELLO dei "miti"

deve sottrarvisi tecnicamente, benché, a quest'epoca, fascista abbia cessato di essere: almeno in quei termini di ossequio a Mussolini che aveva tristamente formulati ai tempi dell'assassinio di Matteotti e che di certo sono all'origine del disprezzo di GOBETTI nei di lui confronti. In altre parole, il modo attraverso il quale PIRANDELLO si sottrae, anche senza prenderne atto, alle direttive a favore di un teatro mussoliniano passa di necessità attraverso la pratica di quelle nuove forme di comunicazione artistica che non nascono politicamente targate, come per l'appunto il jazz e la regia illusoria, affermatesi nell'America del primo dopoguerra e nella Germania della Repubblica di Weimar, per altro.

A farci rendere conto della novità e dell'importanza di questo processo creativo, entrato in una fase che ha reciso nettamente i ponti con quella del "teatro nel teatro", inaugurata nel '21 coi *Sei personaggi in cerca d'autore*, dovrebbe bastare l'adesione palese di BONTEMPELLI alle direttive di regime sopra accennate. Sin dal '28, discorrendo su "Novecento" di Anton Giulio BRAGAGLIA e del Teatro degli Indipendenti, pur riconoscendo che "il suo teatro ha rappresentato per sei anni quello che altrove sono stati venti o trent'anni di 'avanguardia' di vario genere", BONTEMPELLI afferma che "l'avanguardia non apre l'epoca nuova": anzi, "chiude la vecchia". Sembra un paradosso, ma la motivazione è addirittura parsa a qualche incauto convenire alla creazione dei "miti" pirandelliani: "l'artista deve trovare parole da incantare grandi masse di gente, inventare nuove favole da divertire i bambini e le donne". E se "favola" potrebbe sembrare termine solo parziale per PIRANDELLO, ecco nel Maggio del '33 BONTEMPELLI farsi anche lui promotore di "miti". Ma si ascolti quali: "Trovandoci all'inizio d'un'epoca — la Terza Epoca della umanità civile d'occidente — la cosa più necessaria per la nostra arte è creare i miti nuovi", cioè "nuovi personaggi e nuove favole, da andare liberi per il nuovo mondo ad animarlo". Basterebbe la determinazione temporale di ascendenza mazziniana, a mettere sull'allarme circa la persona incaricata di dar senso alla "terza" fase della civiltà occidentale. Perché proprio di lui si tratta, del Duce, chiamato come garante del cambiamento sociale destinato a riflettersi sul teatro: "Quando Mussolini dice: — Bisogna preparare il teatro di masse, il teatro che possa contenere quindici o ventimila persone —, è chiaro che non parla solo agli architetti, parla soprattutto agli autori". Insomma, terminata l'avanguardia, sta subentrando il teatro di massa; e basta pensare al finale dei *Giganti della montagna*, trascritto dal figlio Stefano, finale dove la protagonista, la Contessa Ilse, veniva colpita a morte dal pubblico dei Giganti, che non tollera la sua recitazione poetica e vuole "qualche bella cantatina e un balletto", per capire che PIRANDELLO, invece, non si sente in alcun modo partecipe della "terza Epoca della

umanità civile d'occidente", individuata da BONTEMPELLI e rivendicabile a Mussolini. Grazie al terzo ed ultimo dei suoi "miti", PIRANDELLO, da potenziale creatore di "miti" politicamente sfruttabili (giustamente si è osservato che *La nuova colonia* e il *Lazzaro* non disconvengono alla parola d'ordine fascista del "rilancio rurale"), si è fatto distruttore di miti: "Mythenstürzer", ha suggerito opportunamente l'ARTIOLI. Di qui, per altro verso, la tendenza a staccare il terzo mito dagli altri due, e a definirlo "tragedia moderna", pur sapendo che si tratta di definizione pertinente al ciclo del "teatro nel teatro".

Non si è ancora fatto cenno del cinema, quale strumento artistico che può, a sua volta, concorrere alla nuova ed ultima fase del teatro pirandelliano. Aiuta in questo senso la notizia, per certi versi inattesa, del ritrovamento di una riduzione cinematografica in lingua tedesca della *Nuova colonia* tra le carte di MAX REINHARDT, ad una data, il 1935, che per quanto detto poco sopra lascia abbastanza perplessi. Nella riduzione infatti si fa esplicito cenno alla possibilità che il cinema, o meglio il linguaggio cinematografico, in determinate circostanze possa "servire da ottimo mezzo autoritario sulle masse". Ed ecco il tratto della riduzione cinematografica che suggerisce questa convinzione, tratto là dove si commenta la decisione dei protagonisti della *Nuova colonia* (un gruppo di marinai che lascia una città di mare, dove praticava il contrabbando, per rifugiarsi in un'isola e condurre un'esistenza pulita) di fondare una nuova società:

> E iniziano la loro storia con il nulla, la iniziano nella natura ridiventata vergine dopo la lunga solitudine. Hanno rotto con la società umana e le sue leggi che li condannano, per incominciare una nuova vita all'infuori di ogni legge, all'infuori del tempo. Così, dal primo momento si vedono costretti, per la stessa necessità, di fondare una nuova società e di costituire, piano piano, anche nuove leggi. Ma v'è, infatti, una differenza profonda: generalmente le leggi vengono imposte da un potere, sono esteriori. Qui invece vengono create spontaneamente, da una necessità intima, e sono quindi inevitabili.

REINHARDT, che intendeva realizzare per la Warner Brothers, nel 1936, i *Sei personaggi in cerca d'autore*, non era esattamente il regista da realizzare cinematograficamente un soggetto siffatto, da imporsi, come abbiamo visto, quale "ottimo mezzo autoritario sulle masse". Per quel che se ne sa da una intervista a PIRANDELLO, apparsa sul quotidiano romano "Il Tevere" del 7-8 Ottobre 1936, la riduzione cinematografica, pervenutaci in inglese, prevedeva "Pirandello stesso, l'autore, ... al centro del film", e si concludeva con l'abbandono da parte di PIRANDELLO dei suoi personaggi, "fissati, inchiodati per sempre al loro

dramma, eternamente privati della catarsi". La morte di PIRANDELLO arrestò quel progetto, e certo non è lecito cavarne più di tanto; ma sin da ora è possibile arguire che il soggetto teatrale dei *Sei personaggi*, rivisitato in vista di una proiezione cinematografica, non prevedeva operazioni sulle "masse" come quelle suggerite nella riduzione della *Nuova colonia*. A conclusione di queste operazioni di trasformazione di copioni teatrali in soggetti cinematografici, si può dire che, per quanto PIRANDELLO volesse uscire fuori dagli spazi a lui congeniali della drammaturgia teatrale, non riuscì comunque a farsi, come BONTEMPELLI auspicava, autore di spettacoli educativi, quali la politica del regime fascista suggeriva.

Una ragione, in più, se vedo bene, per capire come mai PIRANDELLO in più occasioni abbia fatto presente la sua difficoltà di abbandonare il teatro per il cinema, in specie quello sonoro. Il 16 Giugno del 1929, sul "Corriere della Sera", PIRANDELLO registra quella che gli appare un'"eresia" americana: "che il film parlante abolirà il teatro; che tra due o tre anni il teatro non ci sarà più; tutti i teatri, così di prosa come di musica saranno chiusi, perché tutto sarà cinematografia, film parlante o film sonoro". Ribattendo simili tesi, PIRANDELLO polemizza contro quanti hanno trasferito in teatro procedimenti di regia cinematografica, e, par di capire, non esclude del tutto i registi conosciuti in Germania, e dai quali certamente era stato attratto:

> Un certo abuso della *régie*, per fare che il teatro diventasse sopra tutto, o quanto più possibile, uno spettacolo anche per gli occhi, una certa imitazione dei procedimenti tecnici cinematografici a cui qualche *régisseur* già si provava a ricorrere oscurando gradatamente la scena e facendone sorgere un'altra dal buio momentaneo con accompagnamento di suoni, la scelta d'un nuovo repertorio teatrale più leggero e meno consistente, che con facilità si lasciasse manomettere per ottenere codesti effetti di repentini mutamenti e altri effetti preparati soltanto per un godimento visuale, erano già segni manifesti di quanto il teatro temesse la concorrenza del cinematografo. Il pericolo grave per il teatro era questo, che volesse avviarsi a somigliare al cinematografo. Ed ecco che è il cinematografo, viceversa, a voler ora diventare lui teatro. E il teatro non ha più nulla da temere.

Più tardi, inaugurando nell'Ottobre del '34 il convegno della Fondazione Volta sul "teatro drammatico", PIRANDELLO ribadirà solennemente che "il teatro non può morire", perché "forma della vita stessa" e portavoce naturale di "un tempo come il nostro così pieno di contrasti e dunque così ricco di materia drammatica". Ammette però che, "se... il teatro non può morire, non è men vero che esso ha bisogno d'esser

difeso, o per dir meglio, d'essere in grado di difendersi, anche da sé, appunto nella concorrenza con altri spettacoli che, o hanno già validi sostegni, larghi sussidii e dotazioni da parte dello Stato o di altri enti pubblici, come ad esempio il teatro lirico, o hanno il favore del momento, come i ludi sportivi, per cui si fabbricano ovunque nuovi stadii, o sono spettacoli nuovi, che per l'enorme vantaggio della loro riproduzione meccanica e la conseguente facilità della loro rappresentazione, possono ripetersi anche più volte al giorno in vastissime sale di nuova e appropriata costruzione". E non basta ancora, perché nel tentativo di tradurre nella pratica la sostanziale diffidenza nei riguardi dei procedimenti tipici della settima arte, PIRANDELLO non lesina consigli assurdi, come quello di ridurre "a ora fissa lo spettacolo serale dei cinematografi", o quello di "tenere il prezzo dei posti — a teatro — pari a quello dei cinematografi". Si augura pure (e qui riappare ben netta la consapevolezza che è in atto una concorrenza non rivolta esclusivamente al guadagno) che "gli studiosi della scenotecnica" si cimentino pure nel "vastissimo campo aperto — dal teatro — alle loro proposte e ai loro disegni". PIRANDELLO sa, e lo sa suo malgrado, che il teatro d'autore, il teatro di "poesia", deve fare i conti con il teatro dei registi e degli scenografi. Questa estrema convinzione, non immune dal richiamo alla lezione morale del teatro, ci dà ragione del perché PIRANDELLO si mosse sì fra jazz e cinema, ma rimase un autore di teatro.

INDICE